

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

# DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2018.

Mateja Skupnjak

826/N

**RASPOLOŽIVA ENERGIJA  
TIJEKOM PRIPREMNOG,  
NATJECATELJSKOG I  
PRIJELAZNOG PERIODA U  
LAKIH I TEŠKIH  
PROFESIONALNIH VESLAČICA I  
VESLAČA**

Rad je izrađen u Laboratoriju za znanost o prehrani na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom dr. sc. Zvonimira Šatalića, izv. prof. Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

*Veliku zahvalnost, u prvom redu, dugujem svome mentoru izv. prof. dr. sc. Zvonimiru Šataliću koji mi je pomogao u odabiru teme i usmjeravao me pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Također se zahvaljujem kolegi Ivanu Mijatu dr.med.vet. te prof. dr. sc. Marjeti Mišigoj Duraković s Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji su mi omogućili prikupljanje podataka. Zahvaljujem se svim profesorima na stečenom znanju, svojim roditeljima, cijeloj obitelji i prijateljima koji su mi bili najveća podrška.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu  
Prehrambeno-biotehnološki fakultet  
Zavod za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda  
Laboratorij za znanost o prehrani

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Nutricionizam

### RASPOLOŽIVA ENERGIJA TIJEKOM PRIPREMNOG, NATJECATELJSKOG I PRIJELAZNOG PERIODA U LAKIH I TEŠKIH PROFESIONALNIH VESLAČICA I VESLAČA

Mateja Skupnjak, 826/N

**Sažetak:** *Raspoloživa energija je preostala količina energije nakon tjelesne aktivnosti, raspoloživa za sve druge metaboličke aktivnosti. Niska razina raspoložive energije kod sportaša utječe na njihovu sportsku izvedbu i zdravlje, može dovesti do oštećenja kosti, disfunkcije imunostnog i metaboličkog sustava, te kod sportašica menstrualne disfunkcije. Ranija istraživanja pokazuju kako veliki broj sportaša smanjuje energetske unos, posebno unos energije u obliku ugljikohidrata. Individualne potrebe za energijom se mijenjaju tijekom sezone na što se sportaši moraju prilagoditi. Cilj ovog rada bio je usporediti preostalu količinu energije nakon tjelesne aktivnosti tijekom pripremnog, natjecateljskog i prijelaznog perioda veslačica i veslača. U istraživanju je sudjelovalo 6 veslačica i 26 veslača lake i teške kategorije seniora. Metoda istraživanja korištena za procjenu sastava tijela obuhvaćala je zračnu pletizmografiju (Bod-Pod<sup>™</sup>). Na temelju 7-dnevnih dnevnika prehrane procijenjen je energetske unos, a pomoću dnevnika tjelesne aktivnosti, metaboličkog ekvivalenata (MET) i rezultata dobivenih pletizmografom procijenjena je razina raspoložive energije. Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako je 42% veslača i 50% veslačica tijekom pripremnog, 90% i 75% tijekom natjecateljskog te 89% i 33% tijekom prijelaznog perioda imalo nisku raspoloživost energije (< 30 kcal/kg nemasne TM). Koncept raspoloživosti energije korisniji je za sportaše od koncepta ravnoteže energije, te se potvrđuje kako je s obzirom na spol niska razina raspoložive energije faktor rizika ne samo među sportašicama.*

**Ključne riječi:** *raspoloživost energije, sastav tijela, veslači, BodPod, MET*

**Rad sadrži:** 53 stranice, 13 slika, 6 tablica, 103 literaturna navoda, 4 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u:** Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

**Mentor:** Izv.prof.dr.sc. Zvonimir Štalić

**Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:**

1. Prof.dr.sc. Ines Panjkota Krbavčić
2. Izv.prof.dr.sc. Zvonimir Štalić
3. Prof.dr.sc. Ksenija Marković
4. Doc.dr.sc. Marina Krpan (zamjena)

**Datum obrane:** 27. rujna 2018.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb  
Faculty of Food Technology and Biotechnology  
Department of Food Quality Control  
Laboratory for Nutrition Science

Scientific area: Biotechnical Sciences  
Scientific field: Nutrition

### ENERGY AVAILABILITY DURING PREPARATION, COMPETITION AND TRANSITIONAL PERIOD IN PROFESSIONAL LIGHTWEIGHT AND HEAVYWEIGHT ROWERS

*Mateja Skupnjak, 826/N*

**Abstract:** *Energy availability is the amount of dietary energy remaining after physical activity for all other metabolic processes. Low energy availability in athletes affect their sports performance and health, can lead to bone damage, dysfunction of the immune and metabolic system and menstrual dysfunction in female athletes. Previous research shows that many athletes reduce energy availability, and especially energy in the form of carbohydrates. Individual needs also change across the season and athletes must to flexible to accommodate this. The aim of this work was to compare energy remaining after physical activity during preparation, competition and transitional period in rowers. The study included 6 female and 26 male lightweight and heavyweight rowers from senior category. Body composition was estimated with air displacement plethysmography (Bod-Pod<sup>™</sup>). Based on 7-day food diary energy intake was estimated. The amount of energy availability was estimated by using diary of physical activity, metabolic equivalent (MET) and results from plethysmograph. Results of this study showed that 42% male and 50% female rowers during preparation period, 90% and 75% during competition period and 89% and 33% during transitional period had low energy availability ( <30 kcal/kg FFM) . The concept of energy availability is more useful for athletes than the concept of energy balance and it is confirmed that considering the sex, low energy availability is risk factor not only among female athletes.*

**Keywords:** *Energy availability, body composition, rowers, Bod-Pod, MET*

**Thesis contains:** 53 pages, 13 figures, 6 tables, 103 references, 4 supplements

**Original in:** Croatian

**Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb.

**Mentor:** *PhD, Zvonimir Štalić, Associate professor*

**Reviewers:**

1. PhD. *Ines Panjkota Krbavčić*, Full professor
2. PhD. *Zvonimir Štalić*, Associate professor
3. PhD. *Ksenija Marković*, Full professor
4. PhD. *Marina Krpan*, Assistant professor (substitute)

**Thesis defended:** 27 September 2018

## Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. RASPOLOŽIVOST ENERGIJE .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Energetska ravnoteža u odnosu na raspoloživost energije .....	5
2.1.2. Mjerenje komponenti raspoloživosti energije .....	6
2.1.3. Uzroci niske raspoloživosti energije kod sportova izdržljivosti .....	7
<b>2.2. SASTAV TIJELA I ENERGETSKE POTREBE VESLAČICA I VESLAČA.....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Postizanje idealnog sastava tijela veslačica i veslača .....	10
2.2.2. Važnost adekvatnog energetskeg unosa.....	12
2.2.3. Mehanizmi održavanja glukoze u krvi kod kronično niske raspoloživosti energije.....	13
<b>2.3. TRIJAS SPORTAŠICA I RELATIVNI ENERGETSKI DEFICIT U SPORTU (RED-S).....</b>	<b>14</b>
2.3.2. Utjecaj niske raspoloživosti energije na endokrini sustav.....	18
2.3.3. Poremećaji menstrualnog ciklusa.....	20
2.3.4. Mineralna gustoća kosti (BMD).....	21
2.3.5. Utjecaj relativnog energetskeg deficita u sportu (RED-s) na ostale fiziološke funkcije .....	22
<b>2.4. PREPOZNAVANJE NISKE RASPOLOŽIVOSTI ENERGIJE I INTERVENCIJA .....</b>	<b>24</b>
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. ISPITANICI.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2. METODE .....</b>	<b>26</b>
3.2.1. Dijetetička metoda .....	26
3.2.2. Energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost.....	27
3.2.2.1. Metabolički ekvivalent (MET).....	28
3.2.3. Antropometrija .....	29
3.2.3.1. Zračna pletizmografija .....	29
3.2.4. Obrada podataka .....	30
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>	<b>31</b>
<b>5. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>43</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>45</b>
<b>7. PRILOZI</b>	

# 1. UVOD

Za promicanje zdravlja i vrhunsku sportsku izvedbu, ključno je osiguravanje odgovarajuće količine energije. Pretjeran unos energije može rezultirati povećanjem udjela masnog tkiva, a manji unos može biti ograničavajući čimbenik sportske izvedbe i uzrok pojave bolesti. Individualne potrebe za energijom se mijenjaju tijekom većeg dijela trenažne sezone, ovisno o volumenu i intenzitetu treninga na što se sportaši moraju prilagoditi (Reed i sur., 2013). Raspoloživa energija je preostala količina energije nakon tjelesne aktivnosti, raspoloživa za sve druge metaboličke aktivnosti (Loucks, 2004). Redovita opskrba energijom putem hrane bitna je za različite procese u tijelu što uključuje rast, održavanje tjelesne temperature, reprodukciju, kontrakciju mišića, oporavak. Kod sportaša koncept raspoloživosti energije pokazao se kao korisniji od koncepta ravnoteže energije, koja predstavlja odnos unosa i potrošnje energije. Ključno je da ostvarivanje energetske ravnoteže ne znači istovremeno i adekvatnu razinu raspoložive energije. Ranija istraživanja pokazuju kako veliki broj sportaša, posebno sportašice, smanjuju energetske unos u obliku ugljikohidrata. Kod sportova izdržljivosti znatno se povećava potrošnja energije za pokretanje lokomotornog sustava te energija postaje manje dostupna za ostale metaboličke procese. Koncept raspoloživosti energije prvotno je proučavan kod sportašica gdje su pronađene negativne posljedice niske raspoloživosti energije za metabolizam, menstrualnu disfunkciju (Loucks i Thuma, 2003), kao i resporpciju i smanjenje mineralne gustoće kosti (Ihle i Loucks, 2004), smanjen unos željeza (Ahmadi i sur., 2010), a nedavno i kod sportaša gdje negativno utječe na metaboličke i reproduktivne hormone (Elliott-Sale i sur., 2018). Niska raspoloživost energije pruža ujedinjujuću teoriju za povezivanje brojnih poremećaja kod sportaša oba spola, dodatno opisanih novijim konceptom relativnog energetskeg deficita u sportu (RED-S), a odnose se na ograničeni unos energije, povećanu tjelesnu aktivnost ili kombinaciju.

Veslanje je vrsta sporta koji zahtjeva snagu i izdržljivost i nalazi se na vrhu ljestvice fiziološki najzahtjevnijih sportova. Zbog visoke potrošnje energije tijekom intenzivnih veslačkih treninga adekvatan unos energije najvažniji je kako bi se organizam mogao oporaviti i postići optimalnu količinu nemasne tjelesne mase, kao i udio masnog tkiva, a da se pri tome zadovolje sve potrebe. Adekvatan unos energije potpomaže prilagodbi na intenzivne treninge, te ostvarivanje sportskog uspjeha. Pored visoko energetskih potreba veslači se moraju prilagoditi brzom



promjeni energetske potrebe koje se javljaju zbog promjena u brzini rasta ili promjenama u intenzitetu treninga. Glavni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi razinu raspoložive energije preko procjene prosječnog dnevnog unosa i potrošnje energije za tjelesnu aktivnost kod veslača, također se htjelo utvrditi kako promjene u unosu i potrošnji energije utječu na sastav tijela veslača tijekom vremena te na kraju usporediti raspoloživost energije kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period natjecateljske sezone.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. RASPOLOŽIVOST ENERGIJE

Raspoloživa energija definira se kao preostala količina energije nakon tjelesne aktivnosti, raspoloživa za sve druge metaboličke aktivnosti (Loucks, 2007). Dnevna raspoloživost energije izražava se kao unos energije (kcal) umanjen za energetske potrošnje tjelesne aktivnosti (kcal) i podijeljen s kilogramima nemasne tjelesne mase (FFM) (jednadžba 1). O tome se raspravlja u smislu udjela nemasne tjelesne mase sportaša (FFM), jer ona predstavlja metabolički najaktivnije tkivo (Melin i Lundy, 2015a).

Jednadžba 1. Izračun razine raspoložive energije

$$\text{Raspoloživost energije (kcal/ kg nemasne TM/ dan)} = \{ \text{energetski unos (kcal)} - \text{energetska potrošnja tjelesne aktivnosti (kcal)} \} / \text{nemasna tjelesna masa (kg)}$$

Unutar koncepta raspoloživosti energije, nutritivna se energija troši na nekoliko temeljnih fizioloških procesa, uključujući rast, stanično održavanje, termoregulaciju, reprodukciju, imunosni sustav i kretanje (Wade i Jones, 2004). Sustavi očuvanja i upravljanja energijom onemogućuju dostupnost energije za druge svrhe, ako je ona potrošena na jednu fiziološku funkciju. U idealnom slučaju energetski unos sportaša u odnosu na potrošnju energije tijekom tjelesne aktivnosti pružit će dovoljnu količinu raspoložive energije kako bi se podržala potrošnja energije za sve fiziološke funkcije koje podupiru zdravlje, prilagodbu na tjelesnu aktivnost te optimalnu sportsku izvedbu. No, neusklađenost energetske unosa i energetske potrošnje tijekom tjelesne aktivnosti ostavlja neadekvatnu količinu energije za podršku navedenim fiziološkim funkcijama. Iz evolucijske perspektive, zbog razdoblja nestašice hrane ili velike energetske potrošnje, niska raspoloživost energije dovela je do brojnih mehanizama fiziološke prilagodbe potrebne za održavanje života koje uključuju da energetske rezerve poput masnog tkiva i proteini organizma sudjeluju u očuvanju potrošnje energije. Upravo zbog toga, važno je naglasiti kako raspoloživost energije nije sinonim za energetske ravnoteže niti je uvijek povezana sa gubitkom tjelesne mase. Organizam se može nositi s malim padom raspoložive energije (kada je energetski unos manji od energetske potrošnje), ali ako taj pad postane prevelik i ako su prisutni poremećaji u prehranbenom ponašanju, također će utjecati na odvijanje fizioloških procesa (De Souza i Williams, 2004). Kada je količina raspoložive

energije preniska, organizam reducira energiju korištenu za termoregulaciju, stanično održavanje, rast i reprodukciju pokušavajući na taj način održati energetske ravnoteže (energetski unos jednak ukupnoj potrošnji energije) i omogućiti preživljavanje iako će to možda dovesti do narušavanja zdravlja. Tako će sportaš stabilne tjelesne mase i udjela masnog tkiva ipak patiti od oštećenih fizioloških funkcija. Možemo zaključiti kako je većina problema sa zdravljem i sportskom izvedbom sportaša povezana sa niskom razinom raspoložive energije. Problemi uključuju menstrualne poremećaje kod sportašica, smanjenu stopu bazalnog metabolizma, ugrožavanje imunološkog sustava, smanjenu gustoću kosti kao i hormonalnu disfunkciju. Iako svako smanjenje razine raspoložive energije ima utjecaj na organizam, znanstvenici su identificirali prag ispod kojeg su posljedice posebno štetne, a on iznosi 30 kcal po kilogramu nemasne tjelesne mase (FFM) (Loucks i Thuma, 2003). Kod zdrave, odrasle osobe za održavanje metabolizma u mirovanju potrebno je približno 30 kcal/kg nemasne TM/dan čak i pri postojanju razlika u veličini tijela (Loucks i sur., 2011), a za energetske ravnoteže odnosno za održavanje tjelesne mase potrebno je raspoloživu energiju održavati na 45 kcal/kg nemasne TM/dan. Nedavna istraživanja navode različite odgovore tjelesnih sustava pri raspoloživosti energije od 45 kcal/kg nemasne TM/dan (Burke i Deakin, 2015), no slažu se kako ispod 30 kcal/kg nemasne TM/dan nastaju različiti poremećaji (tablica 1). Dakle, niska razina raspoložive energije može nastati nedovoljnim energetske unosom, visokom energetske potrošnjom ili njihovom kombinacijom te prekomjernom kontrolom tjelesne mase, pogrešnim ali namjernim postupcima.

Tablica 1. Odgovarajući rasponi raspoloživosti energije kod sportaša (Loucks, 2013)

>45 kcal/kg nemasne TM/dan	Povećanje tjelesne mase, mišićna hipertrofija, rast, povećanje unosa ugljikohidrata
=45 kcal/kg nemasne TM/dan	Održavanje tjelesne mase i veličine tijela; usmjerenost na razvoj vještina
30-45 kcal/kg nemasne TM/dan	Zdrav gubitak tjelesne mase i masnog tkiva

### 2.1.1. Energetska ravnoteža u odnosu na raspoloživost energije

Nasuprot raspoloživosti energije, energetska ravnoteža definira se kao energetska unos umanjen za ukupnu energetska potrošnju tijekom cijelog dana.

Energetska ravnoteža (kcal) = energetska unos (kcal) – ukupna energetska potrošnja (kcal)

Kod zdravih odraslih osoba energetska ravnoteža je 0 kcal/dan kada je raspoloživost energije 45 kcal/kg nemasne TM (Loucks i sur., 2011). Koncept energetske ravnoteže temelji se na 1. zakonu termodinamike koji navodi da „energija ne može biti stvorena ili uništena, može biti samo pretvorena iz jednog oblika u drugi“. Kada se uzme u obzir ljudska fiziologija taj zakon znači da će tjelesna masa ostati stabilna ako je energetska unos jednak energetska potrošnja. Ona predstavlja količinu energije koja se ne gubi niti dobiva iz energetska zaliha tjelesnih masti, proteina i ugljikohidrata te je nedostupna za fiziološke procese. Zalihe energije imaju važne uloge povezane sa sportskom izvedbom doprinoseći tjelesnoj veličini i sastavu tijela sportaša (udjelu masnog tkiva i nemasne tjelesne mase), funkciji (mišićne mase) i rezervama energije za obavljanje tjelesne aktivnosti (mišićnim i jetrenim zalihami glikogena). Sportaši često žele promijeniti energetska ravnotežu na način da budu energetska deficitarni (posebno zbog redukcije masnog tkiva) ili da bi postigli suvišak energije zbog poticanja rasta ili podupiranja stvaranja mišićne mase. To se može postići mijenjajući unos energije, energetska potrošnju ili obje komponente. No, za postizanje vrhunske sportske izvedbe postizanje energetske ravnoteže nije cilj. Također, mjerenje energetska potrošnje ne daje informacije o tome odvijaju li se fiziološki sustavi na pravilan način. Koncept energetske ravnoteže pretpostavlja da se svi fiziološki sustavi odvijaju na optimalnoj razini, što ne mora biti slučaj. Tijekom izrazito niske raspoloživosti energije, hormoni potiskuju metaboličke procese i bitne fiziološke funkcije, a ravnoteža energije se povećava te se zbog toga mjerenjem ravnoteže energije i energetska potrošnje sustavno podcjenjuju energetska potrebe (Stubbs i sur., 2004). Zdravlje, odnosno pravilno odvijanje svih fizioloških procesa ne ovisi o energetska ravnoteži (tj. o količini tjelesne mase koju sportaš dobiva ili gubi svaki dan) već o količini nutritivne energije koja ostaje dostupna za sve fiziološke procese nakon što se uzme u obzir energetska potrošnja za tjelesne aktivnosti. Ovaj pristup ima dodatnih ograničenja kada govorimo o sportašima. Energetska unos i ukupna energetska potrošnja su međusobno povezani fenomeni koje je teško izmjeriti, odnosno ne postoje metode koje se smatraju zlatnim standardom, a da

su istovremeno praktično dostupne. Također, sam izračun razine raspoložive energije nije metodološki standardiziran (Burke i sur., 2018b). Cjelodnevna energetska potrošnja obuhvaća potrošnju energije u mirovanju, termički efekt tjelesne aktivnosti, termički efekt hrane (energija potrebna za probavu hrane te skladištenje i korištenje iste) te termički efekt bolesti ili ozljede, također i potrebe stvaranja novog tkiva. Brojni čimbenici utječu na svaku od tih komponenti, uključujući spol, dob, kondicijsku spremnost, nutritivni status, sastav tijela i genetiku (Hall i sur., 2012). Sve navedeno ukazuje kako se koncept ravnoteže energije smatra manje korisnim za sportaše od koncepta raspoloživosti energije.

### 2.1.2. Mjerenje komponenti raspoloživosti energije

Mjerenje raspoloživosti energije postalo je uobičajeno kod sportaša. Takav pristup smanjuje pogrešku mjerenja jer istraživači moraju mjeriti samo energetska potrošnja tijekom tjelesne aktivnosti, a ne ukupnu energetska potrošnja. Kao takva, potencijalna pogreška povezana s dnevnim energetske unosom i potrošnjom za tjelesnu aktivnost biti će manja od kumulativne pogreške povezane s mjerenjem svake komponente ukupne energetske potrošnje. Zbog toga nije potrebno uključivati skupe i specijalne tehnike kao što je metoda dvostruko označene vode. Glavne komponente raspoloživosti energije oslanjaju se na kontrolu ponašanja ispitanika, za razliku od komponenti energetske ravnoteže koje se moraju prilagoditi fiziološkoj kontroli (Loucks i sur., 2011). Naravno, i ovaj koncept nailazi na poteškoće, ali pruža manje složene procjene i sportaš može utjecati na promjenu ponašanja.

Prema definiciji, izračun raspoloživosti energije zahtjeva podatke o individualnom energetske unosu, energetske potrošnji tjelesne aktivnosti i nemasnoj tjelesnoj masi (FFM). Dnevni energetske unos procjenjuje se uz pomoć dnevnika prehrane, 24h prisjećanja ili upitnika o učestalosti konzumiranja hrane te izračunom uz pomoć dostupnih tablica s kemijskim sastavom namirnica. Bez obzira na odabranu metodu, točna procjena unosa energije može predstavljati izazov zbog brojnih čimbenika kao što je podcjenjivanje stvarnog unosa, promjena u unosu hrane tijekom perioda promatranja i nepreciznog definiranja veličina porcije (Heaney i sur., 2010). Stvarna procjena potrošnje energije može se odrediti mjerenjem otkucaja srca, korištenjem akcelerometra pokreta, no iako pružaju individualnu povratnu informaciju o potrošnji energije jednostavnih aktivnosti, malo je podataka o složenijim aktivnostima. Istraživanje koje je promatralo valjanost nosivih uređaja za mjerenje potrošnje energije utvrdilo je podcjenjivanje u rasponu od 100-600 kcal između uređaja (Murakami i sur., 2016) posebno

pri visokim intenzitetima vježbanja. Dostupne su i često korištene praktične procjene potrošnje energije za tjelesnu aktivnost, iako manje precizne. Ispitanici sami vode dnevnik tjelesne aktivnosti, a potrošnja energije svake određene aktivnosti računa se uz pomoć metaboličkog ekvivalenta (MET) detaljno opisanog u eksperimentalnom dijelu ovog diplomskog rada. Različite metode, kao što su bioelektrična impedancija, zračna pletizmografija i mjerenje debljine kožnih nabora, koriste se među sportašima radi procjene sastava tijela i određivanje nemasne tjelesne mase (FFM), odnosno tjelesne mase umanjene za udjel masnog tkiva. Mnogim sportašima iz praktičnih je razloga uskraćeno mjerenje sastava tijela putem dvostruko-energetske apsorpciometrije X zraka (DEXA). Čak i kada su dostupni uređaji za takvo mjerenje, potrebni su praktični protokoli kako bi se smanjio utjecaj čimbenika kao što su status hidracije ili nedavna tjelesna aktivnost kao i unos hrane/pića na nemasnu tjelesnu masu (Nana i sur., 2016). Pogreške mjerenja FFM pridonose relativno malom odstupanju pri procjeni raspoloživosti energije za razliku od druge dvije komponente.

Potrebna je standardizacija smjernica, s obzirom na korištenje različitih parametara u istoj populaciji što može dovesti do različitih izračuna i tumačenja adekvatnosti raspoložive energije (Guebels i sur., 2014). Iz izračuna raspoloživosti energije izuzima se mjerenje energetske potrošnje u mirovanju kod sportaša koji su prilagođeni i imaju umjerenu energetska potrošnju pri produljenoj tjelesnoj aktivnosti, čime se precjenjuje njihova energetska potrošnja i time podcjenjuje stvarna raspoloživost energije.

Unatoč nedostatku univerzalnog protokola za izračun raspoloživosti energije, potrebnih resursa za postizanje procjene svake komponente jednadžbe te preostale pogreške u procjenama koji predstavljaju izazov za znanstvenike, mjerenje raspoloživosti energije osiguralo je okvir za sustavno proučavanje učinka nedostatka energije na fiziološke sustave.

### 2.1.3. Uzroci niske raspoloživosti energije kod sportova izdržljivosti

U teoriji i praksi, niska raspoloživost energije može nastati kroz različite manipulacije energetskeg unosa i energetske potrošnje tjelesne aktivnosti. Kako bi se spriječio nastanak niske raspoloživosti energije kod sportaša, važno je poznavanje podrijetla uzroka nastanka. Postoje tri situacije specifično povezane s niskom raspoloživosti energije. Nepravilna prehrana i poremećaji prehrambenog ponašanja kao glavni su uzrok nedostatnog unosa energije. Poremećaji prehrambenog ponašanja podupiru velik broj slučajeva niske raspoloživosti energije s velikom prevalencijom sportašica mršave građe, u sportovima izdržljivosti, estetike

ili kod težinskih kategorija (Sundgot-Borgen i Torstveit, 2004), ali i među sportašima takvih sportova (Chatterton i Patrie, 2013). Drugi najčešći i najrašireniji razlog među sportašima je namjerno ograničavanje unosa hrane radi kontrole i promjene veličine i sastava tijela. Neki sportaši smanjuju raspoloživost energije, u racionalnoj, ali pogrešnoj težnji za željenim izgledom te nisu svjesni posljedica takvog nastojanja. Razliku predstavljaju ozlijeđeni sportaši koji drastično smanjuju energetske unos kako bi izbjegli povećanje tjelesne mase tijekom neaktivnosti i iako tada smatraju takvo ponašanje odgovornim, važno je znati kako je energetska ravnoteža ključna tijekom oporavka (Tipton, 2015). Primjer su i sportaši s ekstremnim tjelesnim aktivnostima koji nisu svjesni svoje energetske potrošnje ili ne mogu konzumirati dovoljnu količinu hrane kako bi zadovoljili energetske potrošnje. Postizanje kompleksnih ciljeva kao što su smanjenje udjela masnog, a povećanje mišićnog tkiva, povećanje zaliha glikogena te poboljšanje motoričkih sposobnosti, brzine i izdržljivosti, zahtjeva disciplinirano pridržavanje pravilne prehrane i plana treninga, kako bi se ti ciljevi postigli sporijim, ali održivim ritmom (Garthe i sur., 2013). Kod nekih sportaša poticanje umjerenog smanjenja raspoloživosti energije može stvoriti drugačiji efekt i može biti praćeno obeshrabrujućim rezultatima pa takva razočarenja mogu utjecati na još ekstremnije smanjenje unosa energije za postizanje poboljšanja sportske izvedbe. Za one čiji je nedostatan unos energije rezultat neispravnih savjeta, stručne smjernice o prehrani i tehnikama treninga mogu biti dovoljne za promjenu ponašanja. Ekstremne redukcije mogu kod sportaša izazvati usvajanje nepravilnih prehranbenih navika kao što su preskakanje obroka, povraćanje i korištenje laksativa. Teži oblici poremećaja prehranbenog ponašanja, kao što je anoreksija nervoza, zahtijevaju uz savjetovanja o prehrani i psihoterapiju. Nenamjerno smanjenje unosa energije, odnosno supresija apetita, smatra se trećim čimbenikom niske raspoloživosti energije. Ne postoji biološki poticaj kako bi se energetske unos uskladio s energetske potrošnjom (Truswell, 2001). Supresija apetita ostaje u velikoj mjeri zanemarena u sportskoj prehrani, no ipak istraživanja u proteklom godinama pokazala su kako dugotrajna tjelesna aktivnost utječe na supresiju apetita (Loucks, 2004; Loucks i sur., 2011). Prema tome, apetit nije pouzdan pokazatelj energetske potrebe kod sportova izdržljivosti (Larson-Meyer i sur., 2012). Dodatni čimbenici koji mogu pogoršati nesposobnost sportaša da zadovolji svoje energetske potrebe uključuju inhibicijski učinak umora na motivaciju i napore potrebne za pripremu hrane, nakon velikog broja sati treniranja i problem konzumacije vlaknaste hrane velikog volumena i hrane niske energetske gustoće (Melin i sur., 2016). Mogućnost da vrijeme unosa energije u odnosu na potrošnju tijekom dana ili karakteristike prehrane (uz veći unos vlakana i hrane niske energetske gustoće, korištenje umjetnih zaslađivača, napitaka s kofeinom) mogu smanjiti

raspoloživost energije teoretski su mogući i podržani od strane preliminarnih istraživanja. Planiranje prehrane neovisno o apetitu može se teško postići kada je raspored treninga i natjecanja promjenjiv i sportaš nema dovoljno znanja o prehrani kako bi se razvile adekvatne prehrambene navike. Ti napori se moraju poduzeti kako bi se spriječila niska raspoloživost energije.

## **2.2. SASTAV TIJELA I ENERGETSKE POTREBE VESLAČICA I VESLAČA**

Veslanje uključuje dugotrajne treninge specifične za sportove izdržljivosti. Nasuprot tome, samo natjecanje, utrke na 2000 m traju samo 5 do 8 minuta. Iako mnogi postižu idealan sastav tijela kao rezultat genetike i treninga uz adaptaciju organizma na trenažni proces sporta, drugi moraju pratiti posebne prehrambene programe kako bi postigli ciljeve. Prehrana ima važnu ulogu u neto dobitku mišićne mase, a kako je vjerojatno da većina veslača konzumira više nego dovoljno proteina za rast i adaptaciju na vježbe snage, pozornost se usmjerava prema najvažnijim prehrambenim čimbenicima, a to je adekvatan unos energije koji bi trebao biti u skladu s potrošnjom, posebno radi izgradnje mišićnih proteina što predstavlja skup energetski proces. Unos relativno malih količina visoko kvalitetnih proteina (10 do 20 g osigurava 3 do 6 g esencijalnih aminokiselina) nakon treninga snage povećava ravnotežu mišićnih proteina (Burke, 2007). Vrijeme unosa hranjivih tvari u odnosu na trening je također ključno. Strategije za postizanje adekvatnog energetskog unosa uključuju planiranje čestih obroka i međuobroka tijekom dana. Time veslači pružaju mogućnost poboljšanja akutnog odgovora na tjelesnu aktivnost. Biomehaničkim zahtjevima veslanja pogoduju duge poluge, odnosno dugi ekstremiteti i velika mišićna masa kako bi se proizvela snaga za zamahe tijekom dugotrajnih treninga. Veslači, u odnosu na druge sportaše kod sportova izdržljivosti, imaju veću tjelesnu masu i visinu. Karakterizira ih i niži udio masnog tkiva, kao i povećani udio nemasne tjelesne mase za razliku od opće populacije. Iako veslači pokreću vlastitu težinu, podržava ih čamac i plovnost vode, smanjujući potrošnju energije uključenu u pokretanje. No, potrošnja energije se povećava s povećanjem udjela nemasne tjelesne mase, rastom i velikim volumenom intenzivnih treninga. Energetske potrebe veslača ovise o periodizaciji treninga i ciklusa natjecanja, a variraju iz dana u dan, kroz godišnji ciklus natjecanja u odnosu na promjenu volumena i intenziteta treninga. U pripremnom periodu, pri najvećem volumenu treninga, potreban je unos energije od 20,5 do 21,5 kcal/kg/dan kod veslačica teške kategorije (otprilike 3000 kcal/dan) te 45 do 47 kcal/kg/dan kod veslača teške kategorije (6000 kcal/dan). Dodatni čimbenici koji



povećavaju energetske potrebe uključuju izlaganje vrućini ili hladnoći, visokoj nadmorskoj visini, stresu, korištenje određenih lijekova i kofeina. Kod sportašica potrebe su eventualno veće i kod lutealne faze menstrualnog ciklusa (Manore i Thompson, 2015). Odgovarajući energetske unos predstavlja temelj u prehrani veslača jer podržava optimalnu funkciju organizma, određuje kapacitet unosa mikro i makronutrijenata te pomaže u manipuliranju sastava tijela.

### 2.2.1. Postizanje idealnog sastava tijela veslačica i veslača

Veličina, oblik i sastav tijela doprinose uspjehu u različitim sportovima. Od njih, tjelesna masa i sastav tijela često su žarišna točka kod sportaša, budući da se s njima najviše može manipulirati. Iako je jasno da procjena i manipulacija sastavom tijela može pomoći u karijeri, sportaši, kao i treneri, moraju biti svjesni da sportski uspjeh ne ovisi isključivo o tjelesnoj masi i sastavu tijela. Ipak, postoji povezanost između sastava tijela i sportske izvedbe koju je važno razmotriti kod pripreme sportaša. Međunarodna natjecanja veslača obuhvaćaju konkurenciju lake i teške kategorije pa dok neki moraju biti snažni i jaki, neki moraju zadovoljiti i ciljanu tjelesnu masu. S takvom raznolikošću karakteristika pred veslačima je izazov postizanja idealnog sastava tijela povezanog sa sportskom izvedbom. Kod veslača lake kategorije tjelesna masa ne smije prelaziti 70 kg, a kod veslačica 57 do 59 kg. Za razliku od drugih sportova, dvije težinske kategorije u veslanju mogu rezultirati velikim brojem pojedinaca koji nemaju veću tjelesnu masu da budu konkurenti u otvorenim težinama, ni manju da prirodno postignu ograničenje tjelesne mase za laku kategoriju. Pa je tako veslač tjelesne mase 90 kg i visine 190 do 195 cm u prednosti pred onim s 80 kg i 185 cm visine, kao i veslačica tjelesne mase 75 do 80 kg za razliku od prosječne mase od 57 kg koja predstavlja granicu lake kategorije (Keer i sur., 2007).

Veslači lake kategorije imaju velik rizik niske raspoloživosti energije jer trebaju povećati učinkovitost manje tjelesne građe unutar ciljane tjelesne mase te povećati omjer mišićne mase u odnosu na masno tkivo. Kod njih je uključena podjela težine, pa će oni teže postići najnižu kategoriju tjelesne mase, uz maksimalno povećanje nemasne tjelesne mase i smanjenje masnog tkiva. Gubitak masnog tkiva trebao bi se postići kroz planiranu prehranu i treniranje. Prehrambena ograničenja koja su specifična za laku kategoriju trebala bi zadovoljiti potrebe za makro i mikronutrijentima te ne bi smjela ometati sportsku izvedbu veslača tijekom natjecateljske sezone.

Provedena istraživanja adekvatnog postizanja tjelesne mase kod lakih veslača pokazala su kako su najuspješniji oni s većom tjelesnom visinom, umjerenim stupnjem mišićnog tkiva i manjim udjelom masnog tkiva, a veći udio nemasne mase korelira pozitivno sa sportskom izvedbom (Slater i sur., 2005). Na početku sezone, laki veslači u prosjeku imaju 2 do 4 kg više od ciljane mase usprkos manjem udjelu masnog tkiva te obično smanjuju tjelesnu masu povećanjem intenziteta treninga u kombinaciji sa smanjenjem energetskeg unosa i hrane bogate masnoćama u nerealnom vremenskom okviru. Završni gubitak tjelesne mase se vrši dan prije utrke s ograničenim energetskeg unosom i strategijom akutne dehidracije. Ponekad se takvo ponašanje ponavlja tijekom cijele natjecateljske sezone pri čemu se sportaši izlažu kroničnom razdoblju niske raspoloživosti energije s posljedicama neadekvatne sportske izvedbe, umorom, neadekvatnim unosom proteina i mikronutrijenata (željeza i kalcija), utjecajem na imunski sustav, promijenjenom energetskeg ravnotežom, a i razvojem poremećaja u prehranbenom ponašanju (Sundgot-Borgen i Garthe, 2011). Istraživanja pokazuju kako su potencijalna energetska ograničenja povezana sa strategijom manipulacije tjelesnom masom u veslača lake kategorije rezultirala nižim vrijednostima testosterona (Vinther i sur., 2008), smanjenom mineralnom gustoćom kosti i povećanim rizikom od prijeloma bedrene kosti (Vinther i sur., 2006).

Fizičke osobine veslača teške kategorije (velika tjelesna masa od 90 kg i nemasna masa od 80 do 85 kg) u početku su se smatrali zaštitnim čimbenikom niske raspoloživosti energije jer nije bilo signala koji bi predstavljao rizik za namjerni gubitak tjelesne mase ili poremećaja u prehranbenom ponašanju. No ipak, treninzi visokog intenziteta i visoka energetska potrošnja, 6 dana u tjednu, kroz većinu pripremnog i natjecateljskog perioda sa po dvije veslačke serije (ujutro i navečer), kružnim treninzima, bilo kondicijskim ili treninzima snage mogu predstavljati praktičan izazov za postizanje adekvatnog energetskeg unosa. Potrošnja energije u veslanju se povećava kombinacijom treninga, veličinom tijela i mišićne mase. Veslači tada nailaze na probleme konzumiranja ograničenog raspona i volumena hrane što rezultira negativnim posljedicama na metabolizam i sportsku izvedbu (Woods i sur., 2017). Veslači teške kategorije nisu opterećeni tjelesnom masom, no velik broj trenera smatra kako veća tjelesna masa može negativno utjecati na hidrodinamiku čamca. Iako je kod njih manje vjerojatan rizik od niske raspoloživosti energije, neki zbog toga ograničavaju unos energije radi smanjenja tjelesne mase i udjela masnog tkiva.

Postoje situacije u kojima sportaši žele poboljšati svoje zdravlje i sportsku izvedbu smanjenjem tjelesne mase i udjela masnog tkiva. U idealnom slučaju to se događa unutar programa kojim se postupno postiže individualizirani optimalni sastav tijela u optimalnom vremenu i uključuje

blagi deficit energije i povećani unos proteina kako bi se zadržala mišićna masa, a izgubila tjelesna masa i masno tkivo, uz stalni nadzor i podršku za postizanje težinskih ciljeva na siguran način.

### 2.2.2. Važnost adekvatnog energetskeg unosa

Ljudski mozak čini 2% tjelesne mase i ima veću energetske potrošnju usporedbi s ostalim tkivima, što čini 20% metabolizma u mirovanju. U normalnim okolnostima, izvor energije za neurone je glukoza. Kako mozak pohranjuje vrlo malo glukoze u obliku glikogena, svega 1 g, primarni izvor za njega je cirkulirajuća glukoza. Mozak je razvio posebne neurone koji zajedno s nekoliko aferentnih hormonalnih signala energetskeg nedostatka osjete količinu glukoze koja cirkulira u krvi. To omogućuje otpuštanje glukoze u krv iz glikogenskih rezervi ostalih tkiva i stimuliranje apetita za povećanje apsorpcije glukoze u krvi. Nasuprot tome, skeletni mišići čine 50% tjelesne mase i pohranjuju veliku količinu glukoze u obliku glikogena, 300 do 750 g. No, njima nedostaje enzim glukoza-6-fosfataza koja je neophodna za otpuštanje glukoze u krvotok. Količina piruvata, laktata i alanina koji se oslobode iz mišića tijekom tjelesne aktivnosti donose samo nekoliko grama glukoze zahvaljujući jetrenoj glukoneogenezi. Kao rezultat toga ništa od energije pohranjene kao glikogen u skeletnim mišićima nije dostupno mozgu. Druga značajna pohrana glikogena nalazi se u jetri (80 do 120 g) koja sadrži glukoza-6-fosfatazu što znači da je glikogen jetre glavno spremište glukoze dostupne mozgu, ali samo kao jednodnevna opskrba jer polovica ostane osiromašena tijekom noćenja. Zbog toga je nadopunjavanje glikogenskih rezervi jetre potrebno svaki dan.

Osim toga, važno je naglasiti da osim što mozgu nedostaju vlastite glikogenske rezerve, skeletni se mišići agresivno natječu s mozgom radi glukoze koja cirkulira u krvi i pohranjuje se u jetri. Mišić u maratonskoj utrci oksidira onoliko glukoze koliko je mozgu potrebno za cijeli tjedan te nakon što utrka završi za njegov oporavak je potrebno stotinu dodatnih grama glukoze kako bi se obnovile zalihe glikogena u jetri. Zbog toga je kod sportova izdržljivosti važno osiguravanje adekvatne količine energije i ugljikohidrata kao glavnog izvora energije.

### 2.2.3. Mehanizmi održavanja glukoze u krvi kod kronično niske raspoloživosti energije

Kod niske raspoloživosti energije postoje višestruki neuroendokrini glukoregulacijski mehanizmi. Prvi takav obuhvaća pomak u metaboličkom izvoru energije za skeletne mišiće, s oksidacije glukoze na oksidaciju masnih kiselina. Kada raspoloživost energije sa 45 kcal/kg nemasne TM padne na 10 kcal/kg nemasne TM to uzrokuje smanjenje respiratornog koeficijenta tijekom tjelesne aktivnosti sa 0,91 na 0,85 kao i smanjenje količine energije za rad skeletnih mišića dobivene iz oksidacije ugljikohidrata sa 71% na 51%. Takva oksidacija masnih kiselina povećava dostupnost glukoze za mozak za oko 34 g/dan. Ketogeneza je drugi takav mehanizam. Mobilizacijom masnih kiselina iz adipoznog tkiva povećava se njihovo nakupljanje u jetri kao i u skeletnim mišićima. Kako se raspoloživost energije smanjuje,  $\beta$ -oksidacija masnih kiselina uzrokuje u jetri povećanu proizvodnju acetyl-CoA brže nego što ciklus limunske kiseline (Krebsov ciklus) to može prihvatiti te se višak prevodi u ketonska tijela. Prvenstveno nastaju  $\beta$ -hidroksibutirat i acetoacetat koji se otpuštaju u krv. Za razliku od masnih kiselina, ketonska tijela mogu proći krvno-moždanu barijeru i biti izvor energije za mozak (Hasselbalch i sur., 1995). Kako se raspoloživost energije smanjuje dostupnost ketogenih tijela smanjuje potrebu mozga za glukozom. Trenutno se najpouzdanijim biomarkerom utvrđivanja manjka energije smatra količina ketonskih tijela u urinu koju stvara jetra kao alternativni izvor energije za mozak pri manjku glukoze. Treći mehanizam koji pomaže održavanju glukoze u krvi tijekom kronične niske raspoloživosti energije je glukoneogeneza u jetri iz aminokiselina nastalih razgradnjom skeletnih mišića i drugih proteina i glicerola nastalog razgradnjom triglicerida. Povećane razine kortizola, hormona za proizvodnju energije u trenucima intenzivnog stresa, su potrebne ali ne i dovoljne za ubrzavanje razgradnje mišićnih proteina. Razgradnja proteina, oslobađanje kalcijevih iona u citosol i povećanje koncentracije reaktivnih spojeva kisika aktiviraju proteaze koje čine miofibrilne proteine dostupne za ubiquitin koji služi za označavanje onih proteina koji će se razgraditi (Loucks, 2012). Na taj način smanjuje se i razina inzulina. Omjer kortizola i inzulina indeks je proteolitičkog djelovanja kojeg ubrzava nedostatan unos energije i dovodi do povećanja ovog indeksa. Kada zalihe glikogena u jetri postanu iscrpljene tijekom kroničnog nedostatka energije, navedeni mehanizmi više nisu sposobni održavati normalnu razinu glukoze u krvi (Loucks i Thuma, 2003). Niska razina glukoze u krvi je pokazatelj kronično niske raspoloživosti energije kod sportašica kao i niske dostupnosti ugljikohidrata.

### **2.3. TRIJAS SPORTAŠICA I RELATIVNI ENERGETSKI DEFICIT U SPORTU (RED-S)**

Koncept raspoloživosti energije izvorno je nastao iz proučavanja trijasa sportašica, najrizičnije skupine za posljedice manjka energije. Za razliku od prvotne definicije trijasa kao skupa međusobno povezanih kliničkih entiteta koji uključuje amenoreju, poremećaje u prehranbenom ponašanju i osteoporozu, u novijim smjernicama fokus se pomiče na ranije subkliničke faze pa je trenutno poimanje trijasa sportašica odnos nedostatka energije, različitih poremećaja menstrualnog ciklusa te niske mineralne gustoće kosti (Nattiv i sur., 2007). Svaka komponenta ima svoju patološku krajnju točku jednog od tri međusobno povezana spektra rangirana od zdrave krajnje točke do patološkog stanja. Na „zdravom“ kraju svaka komponenta je optimizirana, raspoloživa energija je adekvatna, ispunjavaju se potrebe reproduktivnog i koštanog sustava, menstruacijski ciklusi su normalni kao i mineralna gustoća kosti. Na „nezdravom“ kraju, svaka komponenta predstavlja kliničku krajnju točku sindroma trijasa uključujući nisku raspoloživost energije sa ili bez poremećaja prehranbenog ponašanja, funkcionalnu hipotalamičku amenoreju (FHA) i osteoporozu. Kako nedovoljna količina energije dovodi do menstrualne disfunkcije, a manjak energije i hipoestrogeni okoliš ugrožava mineralnu gustoću kosti, najvažniji čimbenik je manjak raspoložive energije. Reproductivna funkcija i formiranje kosti počinju biti ugroženi kada je raspoloživost energije ispod granice od 30 kcal/kg nemasne TM. Klinički poremećaji u prehranbenom ponašanju javljaju se kod 33% sportašica, a češći su oni nespecificirani nego anoreksija i bulimija (Torstveit i sur., 2008). Ipak, moguća je i veća učestalost od navedene budući da nedostatak energije može nastupiti i nenamjerno, bez postojanja poremećaja u prehranbenom ponašanju. Manja studija provedena s hrvatskim sportašicama uključujući trkačice, košarkašice, balerine i odbojkašice, izvijestila je o najvećoj učestalosti sekundarne amenoreje u maratonki, od 65% (Dusek, 2001). Ovdje je važno napomenuti kako tjelesna aktivnost i intenzivni trening nemaju dodatni negativan utjecaj na reproduktivnu funkciju sve dok energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost nema utjecaja na raspoloživost energije. Nepravilna prilagodba prehranbenog ponašanja u ovisnosti o trajanju i intenzitetu tjelesne aktivnosti smatra se glavnim "krivcem" te je zbog toga jako važno pažnju posvetiti adekvatnom unosu energije. Iako nisu dio spektra trijasa, poznato je da druge fiziološke posljedice mogu nastati iz jedne od komponenata trijasa kod sportašica kao što su komplikacije proširene na endokrini, gastrointestinalni, bubrežni, kardiovaskularni i neurološki sustav (De Souza i sur., 2014). Rano uočavanje trijasa može spriječiti ozbiljne krajnje ishode, a među sportašicama bi se trebao napraviti godišnji probir, a zatim procjena da li je prisutna

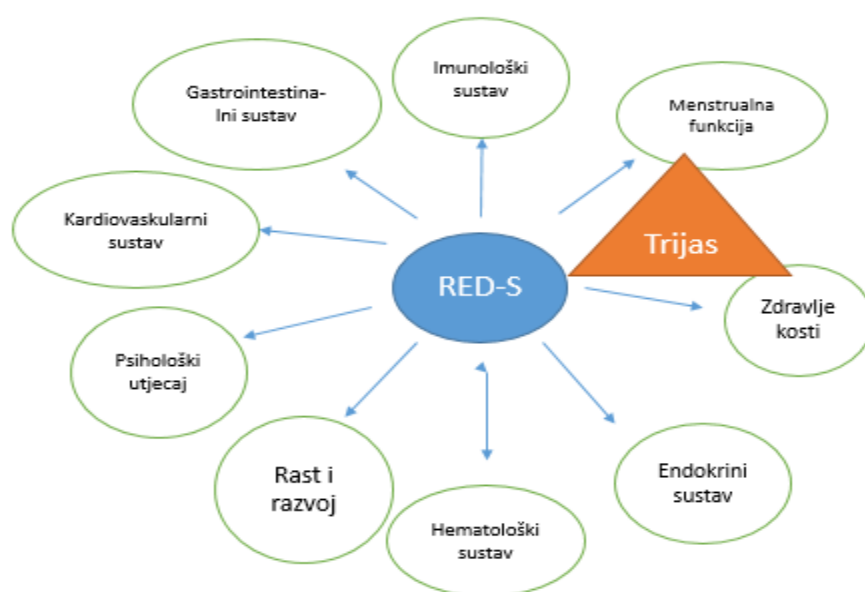
koja od komponenti karakteristična za trijas. Upitnik za probir sastoji se od pitanja o rizičnim čimbenicima kao što su izostanak menstrualnog ciklusa, uzimanje hormonske terapije, tjelesnoj masi, postojanju poremećaja u prehrani ili fraktura kosti (De Souza i sur., 2014). Liječenje trijasa sportašica dugotrajan je proces koji zahtjeva tim stručnjaka i mora se odnositi na temeljni uzrok, a to je niska raspoloživost energije. Najvažniji dio, dakle, je promjena prehrane i treninga bez dodatnog povećanja dnevnog unosa energije i/ili smanjenje volumena treninga u svrhu uklanjanja deficita energije. Za normalizaciju menstruacijskog ciklusa potrebno je povećati raspoloživost energije na 30 kcal/kg nemasne TM/dan uz normalizaciju tjelesne mase, dok je za povećanje mineralne gustoće kosti vjerojatno potrebno i više od 45 kcal/kg nemasne TM/dan.

Kao proširenje sindroma trijasa, Međunarodni olimpijski odbor 2014. godine predložio je koncept relativnog energetskog deficita u sportu (RED-S) koji uključuje opis cijelog spektra fizioloških komplikacija uočenih i kod sportaša. Dakle, koncept osim sportašica, obuhvaća i sportaše s nedovoljnim energetskim unosom potrebnim radi zadovoljavanja potreba za optimalno odvijanje fizioloških sustava nakon potrošnje energije tjelesne aktivnosti (Mountjoy i sur., 2014) te sportaše s cikličkim varijacijama u tjelesnoj masi i sastavu tijela. Naglašava se kako niska raspoloživost energije ne utječe samo na reproduktivni sustav, već i na druge hormone (Burke i sur., 2018a). Znanstvenici ovaj problem uspoređuju s vrhom ledene sante, jer je njegova istinska magnituda uglavnom sakrivena, a njezin razoran utjecaj podcijenjen (Mountjoy i sur., 2018a). Granične vrijednosti i trajanje niske raspoloživosti energije koji je potreban za nastanak RED-S simptoma kod sportaša još nije utvrđen.

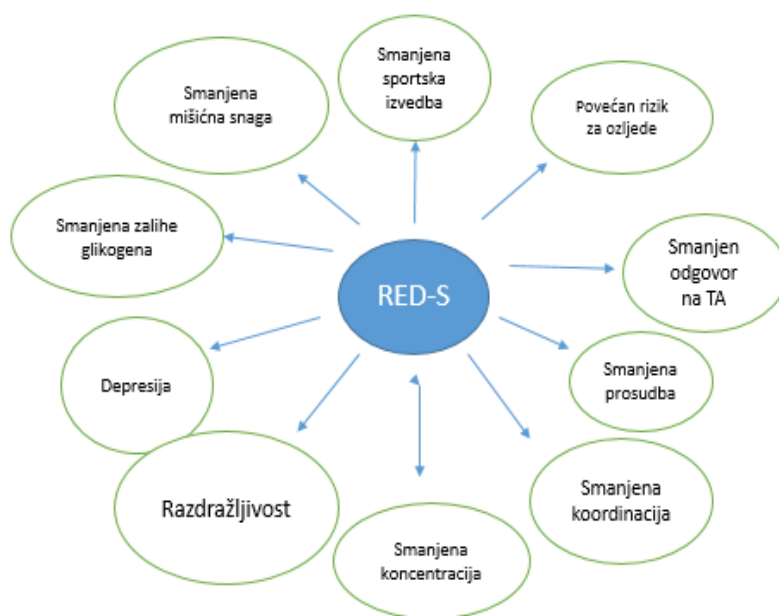
### 2.3.1. Relativni energetski deficit (RED-S) kod sportaša

Sportašice su rizičnija skupina za nisku raspoloživost energije radi drugačije percepcije vlastitog tijela i zabrinutosti oko izgleda. No i među sportašima, posebno u sportovima gdje su prisutne težinske kategorije, takva zabrinutost je sve zastupljenija što predstavlja poticaj za smanjenje tjelesne mase i udjela masnog tkiva. Biološke razlike između spolova utječu na vrstu negativnih posljedica relativnog energetskog deficita u sportu (RED-S) kod sportaša koje su na razini posljedica trijasa sportašica. Čimbenik koji dovodi do takvog energetskog deficita zajednički je za oba spola, a uključuje smanjenu gustoću kosti kod onih sportaša s nižom tjelesnom masom. Kod muških sportaša ekstremna energetska potrošnja tijekom treninga i natjecanja češća je nego u sportašica, a mogu biti prisutni i poremećaji u prehranbenom

ponašanju. Istraživanja o učinku niske raspoloživosti energije kod sportaša traju relativno kraće vrijeme u odnosu na sportašice. Burke i sur. (2018a) tek nedavno su pružili pregled trenutnog stanja učinka RED-S na hormonalne promjene kod muškaraca gdje veliku zdravstvenu brigu predstavlja dokazano posljedično smanjenje razine testosterona i spolnih hormona što dokazuju i druga istraživanja (Hooper i sur., 2017). Istraživanje provedeno kod trkača, triatlonaca i biciklista utvrdilo je da osim smanjenja razine testosterona dolazi i do povećanja razine kortizola, kao rezultat nedovoljnog energetskog unosa, u onih sportaša sa smanjenom stopom metabolizma u mirovanju (RMR) (Torstveit i sur., 2018). Osim hormonalnih promjena širi raspon zdravstvenih posljedica RED-S kao proširenog koncepta trijasa koji obuhvaća i muške sportaše prikazan je na slici 1., dok slika 2. prikazuje potencijalne učinke RED-S na aerobnu i anaerobnu sportsku izvedbu. Posljedice su sumirane u tablicu 2. i detaljno opisane u nastavku ovog diplomskog rada.



Slika 1. Prikaz šireg raspona zdravstvenih posljedica relativnog energetskog deficita u sportu (RED-S) (Ackerman i sur., 2018)



Slika 2. Potencijalni učinci relativnog energetskeg deficita u sportu (RED-S) na aerobnu i anaerobnu sportsku izvedbu (Ackerman i sur., 2018)

Tablica 2. Negativne posljedice niske raspoloživosti energije u sportaša oba spola (modificirano prema: Elliott-Sale i sur., 2018; Mountjoy i sur., 2018b; Papageorgiou i sur., 2018; Burke i sur., 2018a)

Zdravlje kosti	Povećana resorpcija kosti, smanjeno formiranje koštanog tkiva uz česte prijelome i niža mineralna gustoća kosti kod sportaša oba spola.
Menstrualna funkcija	Oligomenoreja (nepravilni menstruacijski ciklusi), amenoreja (potpuni izostanak menstruacije) kod sportašica.
Endokrini sustav	Supresija progesterona i smanjena razina estrogena kao i trijodtironina te povećana razina grelina kod sportašica. Smanjenja razina progesterona kod muškaraca. Smanjene razine leptina, oksitocina i inzulina, te povećane razine peptida YY kod sportaša oba spola.



Sportska izvedba	Smanjena izdržljivost, odgovor na tjelesnu aktivnost, pohrana glikogena i snaga mišića, povećan rizik od ozljeda te oslabljena prosudba, koncentracija i koordinacija kod sportaša oba spola
Hematološki sustav	Nizak unos željeza što dovodi do umora
Metabolička funkcija	Smanjenje stope metabolizma u mirovanju (RMR) u sportaša oba spola
Kardiovaskularni sustav	Ateroskleroza, hipertenzija, aritmija, teška bradikardija u amenoreičnih sportašica
Gastrointestinalne tegobe	Zatvor, otežano pražnjenje crijeva radi izmijenjene funkcije sfinktera kod sportaša oba spola
Imunosni sustav	Supresija imuniteta uz česte bolesti gornjih i donjih dišnih puteva u sportaša oba spola, smanjenje lučenja imunoglobulina A u amenoreičnih sportašica
Psihološki utjecaj	Depresija, povećana razdražljivost, smanjena sposobnost upravljanja stresom kod sportaša

### 2.3.2. Utjecaj niske raspoloživosti energije na endokrini sustav

Hormonalne promjene vjerojatno će nastati kako bi se uštedila energija za važne fiziološke funkcije (Wade i Jones, 2004). Razine hormona koji reguliraju fiziološke procese reagiraju na promjene u razinama raspoložive energije, a ne na energetske unos ili potrošnju, kao ni na stres uzrokovan tjelesnom aktivnošću (Loucks, 2009). Primjerice, porast ranije spomenutog omjera kortizola i inzulina događa se nakon dugotrajne tjelesne aktivnosti, a znatno opada unosom glukoze, što znači da koncentracija glukoregulacijskih hormona nije pod utjecajem tjelesne aktivnosti, nego niske razine raspoložive energije. Pri niskoj raspoloživosti energije dolazi do smanjenja razine inzulina i inzulinu sličnom faktoru rasta IGF-1. Inzulin regulira skladištenje energije, a pri niskoj raspoloživosti energije obično je manji kako bi dopustio veću dostupnost supstrata za stvaranje energije. Kortizol se pojačano luči od strane nadbubrežne žlijezde kao odgovor na dugotrajnu tjelesnu aktivnost, a povezuje se sa smanjenjem neuromuskulatorne izvedbe.

Neka su istraživanja bila usredotočena na kronične posljedice niske raspoloživosti energije, dok su druga pratila hormonalne promjene nakon akutnog stanja niske raspoloživosti energije koje

može nastati unutar nekoliko sati. Pri tom akutnom stanju brzina sinteze proteina varira ovisno o raspoloživosti aminokiselina u krvi uz uvjet da je koncentracija inzulina iznad 80 pM. Nedostatak inzulina koji nastaje 4h nakon obroka, smanjuje sposobnost tjelesne aktivnosti da stimulira sintezu proteina (Fedele i sur., 2000).

Pri niskoj raspoloživosti energije nastaju i promjene hormona koji reguliraju apetit, odnosno smanjuje se razina leptina i oksitocina koji potiču apetit, a povećava razina grelina i peptida YY koji povećavaju sitost. Iako pri niskoj raspoloživosti energije i intenzivnoj tjelesnoj aktivnosti dolazi do smanjenja razine adipokina leptina, istraživanje koje su proveli Desgorces i sur. (2008), kod veslača s manjim udjelom masnog tkiva, pokazalo je pozitivnu stranu takvog stanja jer dolazi do povećanja neuropeptida Y što rezultira povećanim energetske unosom, s naglaskom na unos ugljikohidrata. Kod amenoreičnih sportašica pronađene su niže razine oksitocina čije lučenje stimulira estradiol (Lawson i sur., 2013) što može utjecati na pojavu tjeskobe i depresivnog ponašanja. S druge strane kod njih su prilikom intenzivne tjelesne aktivnosti pronađene povećane razine hormona sitosti koji djeluju na supresiju apetita, a to su grelin (Ackerman i sur., 2012), peptid YY, glukagonu sličan peptid 1 i polipeptid gušterače. Povećana razina grelina ukazuje na niži energetski status.

Kronični nedostatak energije također smanjuje i razinu hormona štitnjače, trijodtironina (T3) i tiroksina (T4) kod sportašica. Trijodtironin (T3) stimulira proizvodnju ATP-a u mitohondrijima i djeluje na proteine mišića, ekspresiju mišićnih vlakana i unos kalcija. Njegova supresija povezana je s niskom raspoloživošću energije, a ne s energetske unosom ili potrošnjom niti s intenzitetom vježbanja (Loucks i Callister, 1993) što dovodi do smanjene sposobnosti skeletnih mišića da proizvedu mehanički rad (Loucks, 2012). To može utjecati na mišićnu izdržljivost i snagu.

Utjecaj na ostale hormone je sličan. Pulsatilnost ili spora frekvencija skokova luteinizirajućeg hormona (LH) o kojoj ovisi funkcija gonada, potisnuta je kao i ekspresija estrogena i progesterona kada se raspoloživost energije smanji sa 45 na 30 kcal/kg nemasne TM/dan. Kod sportaša također dolazi do smanjenja pulsatilnosti LH.

Istraživanje provedeno na sportašima uz kratkoročnu manipulaciju raspoloživosti energije prehranom i tjelesnom aktivnošću rezultiralo je smanjenim razinama inzulina i leptina pri niskoj raspoloživosti energije bez obzira na tjelesnu aktivnost, no nije utjecalo na grelin, trijodtironin (T3), testosteron i razine IGF-1 (Koehler i sur., 2016). Odnos je vjerojatno bio rezultat varijacija

unutar i između sudionika pa je kod ovog problema potrebno više istraživanja (Papageorgiou i sur., 2018). Zbog toga, stanju niske raspoloživosti energije u kombinaciji s poremećajima endokrine funkcije u sportaša oba spola mogu doprinijeti više obuhvaćenih fizioloških stanja opisanih s RED-S. Pred sportašima je izazov upravljanja kroničnim i akutnim stanjima niske raspoloživosti energije za zaštitu svoga zdravlja, promicanja rasta i vrhunske sportske izvedbe.

### 2.3.3. Poremećaji menstruacijskog ciklusa

Aдекватna količina energije ima glavnu ulogu za normalan menstruacijski ciklus kod žena, a ne udio masnog tkiva kako se prije smatralo. Pod poremećajima menstrualnog ciklusa podrazumijevaju se brojna patofiziološka stanja od kroničnih anovulacija i insuficijencije (neodgovarajuće funkcije) žutog tijela kao rezultat endokrinoloških poremećaja, zatim blažih poremećaja koji se očituju kao oligomenoreja, do težih poremećaja odnosno amenoreje. Visoka učestalost tih subkliničkih poremećaja uočena je u sportašica i rekreativno aktivnih žena (De Souza i sur., 2010), što zahtjeva detaljniju obradu i liječenje.

Do disfunkcijskih krvarenja dolazi u slučaju neodgovarajuće funkcije žutog tijela uzrokovane niskom proizvodnjom estrogena i progesterona što je pak uzrokovano abnormalnim lučenjem foliklostimulirajućeg hormona (FSH) i luteinizirajućeg hormona (LH) od strane gonadotropin-oslobađajućeg hormona (GnRH) koji su pod utjecajem povećane razine grelina.

Simptomi oligomenoreje, nepravilne menstruacije čiji su razmaci pojavljivanja produljeni i iznose više od 35 dana i amenoreje, izostanka menstruacije rezultat su dvaju hormonski različitih stanja (Rickenlund i sur., 2004). Amenoreja je uzrokovana inhibicijom osovine hipotalamus-hipofiza-jajnici u ovisnosti o nedostatku energije i kao rezultat raznih organskih bolesti, genetskih poremećaja, anatomskih anomalija. Kod sportašica s amenorejom javljaju se endokrinološke promjene kao što su povećana sekrecija hormona rasta, kortizola i IGF vezujućeg proteina 1 (IGF-1) te smanjena sekrecija inzulina kao rezultat hipoglikemije i kao rezultat glukoregulatornih mehanizama prilagodbe na nedostatak raspoložive energije. Takva amenoreja svrstava se u grupu funkcionalnih hipotalamičkih amenoreja (Manore i sur., 2007) za koju je specifičan izostanak ovulacije bez prepoznatljivog organskog uzroka. Poremećaji menstruacijskog ciklusa nastaju radi supresije funkcije jajnika zbog izrazito spore frekvencije skokova (pulsatilnosti) luteinizirajućeg hormona (LH) u krvi što ovisi o raspoloživosti energije, a ne o energetsom unosu, kao i radi smanjena razine leptina (Lebrun, 2007).

Raspoloživost energije ispod 30 kcal/kg nemasne TM/ dan zabilježena je i kod nekih eumenoreičnih sportašica, s normalnim menstruacijskim ciklusima, gdje njih čak 80% pokazuje subkliničke poremećaje jajnika kod kojih supresija progesterona može utjecati na plodnost. Postoje dokazi da su intervencije povećanja raspoloživosti energije na 40 kcal/kg nemasne TM/dan prehrambenom terapijom kod žena s menstrualnom disfunkcijom rezultirale povratkom menstruacijskog ciklusa kod svih ispitanica u prosjeku od 2,6 mjeseci (Guebels i sur., 2014).

#### 2.3.4. Mineralna gustoća kosti (BMD)

Dostupnost dovoljne količine energije utječe na zdravlje kosti različitim putevima. Direktni utjecaj ogleda se kroz stimulaciju izlučivanja hormona koji potiču stvaranje kostiju, dok se indirektni utjecaj sastoji u održavanju normalnog menstruacijskog ciklusa, odnosno normalne razine estrogena čije djelovanje smanjuje resorpciju kosti. Hipoestrogenemija zajedno sa dugotrajnom reproduktivnom supresijom može imati negativan utjecaj i na muskuloskeletni i kardiovaskularni sustav. Preoblikovanje kosti kako bi se prilagodile mehaničkom opterećenju tijekom tjelesne aktivnosti ovisi o raspoloživoj energiji. Resorpcija kosti povećava se kada sportašice smanjuju raspoloživost energije dovoljno da suprimiraju estradiol, ali formiranje kosti je otežano i pri manje ekstremnom smanjenju. Ako raspoloživost energije ispod 30 kcal/kg nemasne TM/dan potraje duže, može dovesti do nepovratnog smanjenja mineralne gustoće kosti, posebno kod amenoreičnih sportašica posredovano nedostatkom estrogena (Loucks, 2004). No, učinci se događaju već nakon 5 dana nedostatnog unosa energije, bez smanjenja koncentracije estrogena. Također, smanjuje se i sinteza koštanih proteina. Istraživanje provedeno s tjelesno aktivnim pojedincima kroz 5 dana pri raspoloživosti energije od 15 kcal/kg nemasne TM/dan u usporedbi s ispitanicima s 45 kcal/kg nemasne TM/dan, utvrdilo je povećanje referentnog markera resorpcije kosti,  $\beta$ -karboksil-terminalno umreženog telopeptida tipa 1 kolagena ( $\beta$ -CTX) i smanjenje aminoterminalnog propeptida prokolagena tipa 1 (P1NP), referentnog markera stvaranja kosti (Papageorgiou i sur., 2018). Inzulin povećava stvaranje kosti i smanjuje resorpciju, a leptin može preko svojih receptora na osteoblastima i hondrocitima utjecati na kost, ali i neizravno, mijenjajući razine drugih hormona uključujući estrogen, kortizol, IGF-1 (Upadhyay i sur., 2015). Većina koštane mase (50%) stječe se tijekom adolescencije i rane odrasle dobi, a jakost kosti i rizik prijeloma ne ovisi samo o mineralnoj gustoći i unutarnjoj strukturi koštanog minerala, nego i o kvaliteti koštanog

proteina što može objasniti zašto kod nekih dolazi do prijeloma, a kod nekih ne, unatoč jednakim vrijednostima mineralne gustoće kosti. Pojam osteoporoza, koristi se kada su uz nisku mineralnu gustoću kosti prisutni i sekundarni rizični čimbenici kao što su kronična pothranjenost, poremećaji prehranbenog ponašanja, hipogonadizam, korištenje glukokortikoida i prethodni prijelomi. Mineralna gustoća kosti sportašica predstavlja ukupnu povijest kretanja vrijednosti raspoložive energije i statusa menstruacijskog ciklusa te genetskog nasljeđa i izloženosti prehranbenim i okolišnim čimbenicima (Nattiv i sur., 2007). Svaki poremećaj menstruacijskog ciklusa povećava gubitak mineralne gustoće kosti za 0,3% po godini.

Kada se govori o sportašima koji imaju veću gustoću kosti od prosječne populacije, istraživanje Bennella i suradnika (Bennell i sur., 1996) pokazuje kako ipak i među njima postoji smanjena gustoća kosti, što se povezuje s niskom razinom testosterona u plazmi. Smanjena gustoća kosti je ponekad prisutna i bez istovremenih poremećaja razine spolnih hormona što znači da je i u muških sportaša, slično kao i u sportašica, neadekvatna raspoloživost energije temeljni uzrok demineralizacije kosti.

#### 2.3.5. Utjecaj relativnog energetskeg deficita u sportu (RED-s) na ostale fiziološke funkcije

Potencijalni učinci niske raspoloživosti energije na sportsku izvedbu mogu uključivati smanjenje izdržljivost, povećanu opasnost od ozljeda, smanjeni odgovor na tjelesnu aktivnost, oslabljenu prosudbu, smanjenu koordinaciju i koncentraciju, smanjenje pohranu glikogena i smanjenu snagu mišića (Ackerman i sur., 2018). Bez obzira na terminologiju, RED-s ili raspoloživost energije, navedeni čimbenici mogu ugroziti sportsku izvedbu kratkoročno i dugoročno. Pretpostavka je da se to događa kroz različite neizravne mehanizme. Nemogućnost oporavka nakon aktivnosti dovodi do prijevremenog smanjenja fizičkih, psihičkih i mentalnih kapaciteta te oštećenja optimalne mišićne mase i funkcije. Može se očekivati ometanje sportske izvedbe kroz akutno smanjenje ključnih procesa kao što su skladištenje glikogena ili sinteza proteina (Areta i sur., 2014). Smanjena neuromuskulturna učinkovitost povezana je s povećanjem razina kortizola, smanjenjem koncentracije glukoze u krvi, trijodtironina (T3), estrogena i nemasne tjelesne mase (FFM) (Tornberg i sur., 2017).

Utjecaj niske raspoloživosti energije korelira sa smanjenjem stope metabolizma u mirovanju (RMR) u sportovima izdržljivosti. U istraživanju s primjenom povećanog opterećenja treninga uz održavanje konstantnog energetskeg unosa, umjereni energetskeg deficit doveo je do

značajnog pada RMR (Koehler i sur., 2017), a gubitak težine kroz 3 mjeseca bio je manji od predviđenog. Ako se govori o hematološkom sustavu, nedostatak željeza, važnog za hematopoezu i prijenos kisika, može pridonijeti izravno i neizravno nedostatku energije. Nedostatak željeza utječe na smanjenje apetita, oštećenje metaboličke učinkovitosti što dovodi do povećane potrošnje energije tijekom vježbanja i odomora i pojavu umora (Petkus i sur., 2017). Sportašice s amenorejom imaju velik rizik za ateroskleroza što se može povezati sa smanjenim razinama estrogena (O'Donnell i sur., 2011), disfunkcijom endotela kao i smanjenom brzinom otkucaja srca i sistoličkim tlakom u usporedbi s eumenoreičnim sportašicama. Kod ozbiljnog nedostatka energije, a posebno kod anoreksije nervoze mogu se javiti ozbiljni problemi kao što su perikardijalni izljev, teška bradikardija, hipertenzija i aritmija. Niska raspoloživost energije potiskuje i imunitet tipa 1 važnog zbog obrane od virusa. Tijekom dugotrajne tjelesne aktivnosti prisutna je supresija imunostog sustava mehanizmom posredovanim porastom kortizola, pa su kod sportova izdržljivosti gdje je naglašena mršavost, često prisutne infekcije gornjih dišnih puteva (Hagmar i sur., 2008). Kod amenoreičnih sportašica smanjena je i stopa lučenja imunoglobulina A (Shimizu i sur., 2012).

Produljena niska raspoloživost energije od 20 do 25 kcal/kg nemasne TM/dan može imati negativne psihološke učinke kod muškaraca (Fagerberg, 2018), uključujući depresiju, razdražljivost, psiho-somatske poremećaje i smanjenu sposobnost upravljanja stresom.

## 2.4. PREPOZNAVANJE NISKE RASPOLOŽIVOSTI ENERGIJE I INTERVENCIJA

Vidljivi znakovi niske raspoloživosti energije mogu uključivati niske zalihe energije kod osoba sa indeksom tjelesne mase  $< 17,5 \text{ kg/m}^2$  ili u adolescenata s tjelesnom masom manjom od 85% od očekivane. Ostali markeri niske raspoloživosti energije bez poremećaja u prehranbenom ponašanju i bez nedavnog gubitka tjelesne mase koji bi se trebali dodatno istražiti uključuju fiziološke znakove prilagodbe kroničnom nedostatku energije kao što su smanjena stopa metabolizma u mirovanju (RMR) i smanjene koncentracije trijodtironina (T3) (De Souza i sur., 2007) kao i količina ketonskih tijela u urinu. Ako je uzrok niske raspoloživosti energije nastao slučajno, procjena i edukacija o adekvatnom unosu energije je dovoljna. Kod ostalih uzročnika kao što su poremećaji prehranbenog ponašanja, u liječenje trebaju biti uključeni osim nutricionista i liječnici. Ciljevi liječenja su različiti i ovise o individualnim okolnostima. Prekid gubitka tjelesne mase te postizanje indeksa tjelesne mase  $> 18,5 \text{ kg/m}^2$ , modifikacija ili u unosu energije ili energetske potrošnje predstavljaju početnu intervenciju. Energetski unos od najmanje 2000 kcal/dan i veći ovisno o potrošnji energije tijekom tjelesne aktivnosti ili povećanje unosa energije za 20 do 30%, odnosno za onoliko koliko je potrebno da se postigne povećanje tjelesne mase za 0,5 kg kroz 7 do 10 dana. Ciljana razina raspoložive energije je 45 kcal/kg nemasne TM/dan. Sportaši bi trebali biti svjesni energetske potrebe i toga da se one mogu mijenjati tijekom vremena kao i prilikom rasta i biti spremni mijenjati energetski unos ovisno o energetske potrošnji tijekom dnevnih treninga ili natjecanja. Ako sportaš nije svjestan kolike su njegove energetske potrebe stručna pomoć nutricionista može biti od velike pomoći. Pristup odgovarajućoj hrani važno je osigurati prilikom putovanja te izbjegavati drastična ograničenja unosa energije i raznovrsnosti hrane. Smanjenje tjelesne mase i masnog tkiva ima utjecaj na izvedbu i zdravlje, no velika ograničenja unosa energije povezana su s nepotrebnim posljedicama niske raspoloživosti energije. Kada god je moguće, program mršavljenja treba planirati kako bi on bio što sporiji i sa što manje štetnih posljedica. Sportašice bi trebale prekid normalnog menstrualnog ciklusa smatrati kao problem koji treba ranu procjenu i intervenciju.

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. ISPITANICI

Ovaj diplomski rad zasnovan je na rezultatima istraživanja doktorskog rada Ivana Mijata, dr. vet. med. u suradnji s Kineziološkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu. U istraživanju je sudjelovalo 6 ženskih i 26 muških veslačica i veslača kategorije lakih i teških seniora u dobi od 18 do 36 godina, s područja grada Zagreba i Osijeka. Svi oni članovi su klupskih i nacionalnih veslačkih posada te su kontaktirani pojedinačno uz potpisivanje suglasnosti za sudjelovanje u istraživanju (prilog 1). Istraživanje je odobreno od etičkog povjerenstva Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanje je provedeno tijekom pripremnog, natjecateljskog i prijelaznog perioda godišnjeg ciklusa treninga veslača 2014. godine. Isključivanjem dijela ispitanika zbog nepotpunih podataka, u ovom radu naposljetku sudjelovalo je 25 ispitanika s podacima pripremnog perioda (ožujak/travanj), 14 ispitanika natjecateljskog perioda (lipanj/srpanj) te 12 ispitanika s podacima prijelaznog perioda (listopad/studeni). U pripremnom periodu, veslači razvijaju kondicijske sposobnosti, razvijaju veslačku tehniku te se psihički spremaju za natjecateljski period. Za vrijeme natjecateljskog perioda i dalje se razvijaju veslačke tehnike, kondicijske sposobnosti najčešće s treningom na vodi u specifičnim uvjetima dok za vrijeme prijelaznog perioda veslač provodi fizičku i mentalnu relaksaciju te odmor od treninga koji su specifični za pripremni i natjecateljski period. U tablicama 3. do 5. prikazana je dob i antropometrija ispitanika kroz godišnji ciklus treninga.

Tablica 3. Karakteristike ispitanika tijekom pripremnog perioda (prosjek  $\pm$  SD) (n=25)

Parametri	Dob (godine)	Tjelesna masa (kg)	Tjelesna visina (cm)
Veslačice (n=6)	22,2 $\pm$ 3,9	68,3 $\pm$ 4,4	174,3 $\pm$ 6,3
Veslači (n=19)	22,9 $\pm$ 4,4	85,9 $\pm$ 9,9	187,2 $\pm$ 7,2



Tablica 4. Karakteristike ispitanika tijekom natjecateljskog perioda (prosjeak  $\pm$  SD) (n=14)

Parametri	Dob (godine)	Tjelesna masa (kg)	Tjelesna visina (cm)
Veslačice (n=4)	20 $\pm$ 2,1	66,6 $\pm$ 3,0	175,3 $\pm$ 8,4
Veslači (n=10)	23,6 $\pm$ 5,0	85,4 $\pm$ 8,9	186,4 $\pm$ 7,9

Tablica 5. Karakteristike ispitanika tijekom prijelaznog perioda (prosjeak  $\pm$  SD) (n=12)

Parametri	Dob (godine)	Tjelesna masa (kg)	Tjelesna visina (cm)
Veslačice (n=3)	21 $\pm$ 2,2	67,3 $\pm$ 2,7	176,7,3 $\pm$ 9,7
Veslači (n=9)	23,9 $\pm$ 5,3	87,7 $\pm$ 7,7	186,7 $\pm$ 7,1

### 3.2. METODE

Tijekom istraživanja provedena su antropometrijska mjerenja. Od dijetetičkih metoda ispitanici su provodili 7-dnevni dnevnik prehrane uz vaganje kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period dok su za procjenu razine tjelesne aktivnosti i izračun energetske potrošnje ispitanici ispunjavali dnevnik tjelesne aktivnosti također kroz sva tri perioda ciklusa natjecanja, navodeći vrstu svake pojedine aktivnosti, subjektivnu procjenu razine intenziteta i njezino trajanje. Na temelju dobivenih podataka o energetskom unosu i potrošnji te kilogramima nemasne tjelesne mase, računala se i uspoređivala raspoloživa energija kroz sva tri perioda. U ovom radu će biti pobliže opisane korištene dijetetičke metode, metoda procjene tjelesne aktivnosti kao i metode kojom su se prikupljali antropometrijski podaci.

#### 3.2.1. Dijetetička metoda

Kako bi se procijenio nutritivni status sportaša radi postizanja boljih rezultata primjena dijetetičkih metoda od velike je važnosti (Magkos i Yannakoulia, 2003). Za procjenu nutritivnog unosa energije koristio se dnevnik prehrane. Ispitanicima su dostavljene upute, primjer i obrazac za vođenje dnevnika prehrane (prilog 2, 3 i 4). Ispitanici su dnevnik vodili kroz sedam dana u različitim fazama sportske pripreme jedne natjecateljske sezone (u mjesecu

ožujku, srpnju i listopadu 2014. godine) na način da su zapisivali količinu i vrstu unesene hrane i pića prilikom svake konzumacije kroz sedam dana. Količinu konzumirane hrane i pića kvantificirali su vaganjem uz pomoć kuhinjske vage. Dnevnik prehrane uz vaganje točniji je način procjene količine hrane, no sportaši često nisu bili u prilici provoditi vaganje zbog većeg broja epizoda hranjenja, neredovitih obroka i obaveza treninga pa su unos kvantificirali i opisom veličine porcije pomoću kuhinjskog pribora (čša, šalica, žličica, žlica), a količina hrane kao što su jaja ili voće navodili su kao broj komada. Nadalje, u svrhu kvantificiranja korišten je i priručnik sa slikovnim prikazom namirnica, pića i obroka u različitim veličinama porcija s pripadajućim masama (Senta i sur., 2004). U tom slučaju, iz opisa je bio procijenjen unos. Energetski unos procijenjen je korištenjem kombinacije danskih i američkih tablica s kemijskim sastavom hrane (Agriculture Research Service, 2013; Møller i sur., 2005) dok je energetska vrijednost složene hrane izračunata na temelju tradicionalnih receptura (Vučetić, 2013).

### 3.2.2. Energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost

U svrhu procjene i praćenja promjena u utrošku energije kroz različite faze sportske pripreme, ispitanici su ispunjavali 7-dnevne dnevnike tjelesne aktivnosti (prilog 2, 3 i 4) kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period, navodeći vrstu tjelesne aktivnosti (npr. veslanje na vodi, vožnja biciklom), intenzitet (umjereni ili snažan) i njeno trajanje. Osim treninga koji u prosjeku traju 1 do 2h ispitanici su navodili i tjelesne aktivnosti izvan treninga veslanja (npr. nogomet). Pretpostavka je bila da će se na taj način izbjeći zaboravljanje provedene aktivnosti. Ispunjavanje dnevnika tjelesne aktivnosti omogućava razumijevanje konteksta i tipa tjelesne aktivnosti, služi za praćenje varijabilnosti i kvantifikaciju dnevne tjelesne aktivnosti i ne oslanja se na pamćenje.

Veslači su tipove treninga uobičajeno označavali oznakama A<sub>0</sub>, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> i A<sub>p</sub> navodeći sadržaj svakog pojedinog treninga. Sadržaj A<sub>0</sub> treninga je vožnja biciklom od 30 do 60 minuta uz primjerice trčanje, veslanje, rolanje i slično. A<sub>1</sub> trening je aerobni ekstenzivni trening s ciljem razvoja bazične aerobne izdržljivosti u trajanju od 20 minuta uz kombinaciju trčanja, veslanja na vodi i veslanja na ergometru. A<sub>2</sub> trening se izvodi na veslačkom ergometru i traje ukupno 60 minuta baš kao i A<sub>p</sub> trening, no on traje kraće, intenzivniji je, ali uz duže odmore. Kako se intenziteti aktivnosti izražavaju u jedinicama metaboličkog ekvivalenta (MET-a), svakoj navedenoj tjelesnoj aktivnosti, ovisno o intenzitetu, dodijeljen je pripadajući metabolički ekvivalent (npr. veslanje umjerenim tempom 4,8 MET, veslanje na ergometru, snažan tempo

6,0 MET). Metabolički ekvivalent odgovara potrošnji energije u mirovanju te se sve aktivnosti izražavaju relativno s obzirom na njega ( $1 \text{ MET} = 1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Uz pomoć dobivenih podataka računala se energetska potrošnja za svaku pojedinu aktivnost. Primjer je veslač tjelesne mase 85 kg koji je veslao na ergometru 15 minuta, što predstavlja tjelesnu aktivnost visokog intenziteta čiji je MET 6. Njegova potrošnja energije za navedenu aktivnost iznosila je približno 127,5 kcal ( $6,0 \text{ MET} \cdot 85 \text{ kg} \cdot 0,25 \text{ h}$ ). Energetska potrošnja kod specifičnih tjelesnih aktivnosti, se prema tome, može razlikovati na temelju tjelesne mase, trajanja i intenziteta tjelesne aktivnosti. U nastavku slijedi kratko objašnjenje metaboličkog ekvivalenta (MET-a).

### 3.2.2.1. Metabolički ekvivalent (MET)

Da bismo izračunali ukupnu energetska potrošnju unutar dana od velike je važnosti dobro procijeniti potrošnju energije na sve tjelesne aktivnosti, osobito intenzitet treninga. Bitan čimbenik je metabolički ekvivalent (MET), jedinica koja se koristi za procjenu metaboličke aktivnosti, odnosno potrošnje kisika tijekom tjelesne aktivnosti. Razini metabolizma osobe koja miruje odgovara 1 MET i on predstavlja utrošak energije u potpunom mirovanju i iznosi  $3,5 \text{ mL VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (odgovara potrošnji energije od  $1 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) (Howley, 2000). Dakle, intenziteti aktivnosti izražavaju se u MET-ima, u odnosu na potrošnju energije u mirovanju pa su tako aktivnosti čiji je MET 1,0 do 1,5 aktivnosti vrlo niskog intenziteta, od 1,6 do 2,9 niskog intenziteta, 3 do 5,9 umjerenog intenziteta, a one s MET jednakim ili većim od 6 visokog intenziteta.

Postoji velik broj dostupnih web kalkulatora za izračun potrošnje energije tjelesne aktivnosti no kompendij tjelesnih aktivnosti (Ainsworth i sur., 2011) se najviše preporučuje pri čemu su:

$$\text{kcal tjelesne aktivnosti (TA)} = \text{metabolički ekvivalent (MET) navedene TA} \cdot \text{težina u kg} \cdot \text{trajanje TA u h}$$

U kompendiju su tjelesne aktivnosti poznatih MET intenziteta organizirane u devet različitih MET kategorija, u rasponu od spavanja/odmora (0,9 MET) do fizičkih aktivnosti visokog intenziteta (23,0 MET za brzo trčanje) (Ainsworth i sur., 2011). Navedeni priručnik nastao je iz potrebe da se osigura dosljednost u dodjeljivanju razine intenziteta aktivnostima identificiranim putem dnevnika tjelesne aktivnosti koji se koriste u epidemiološkim istraživanjima. MET vrijednosti dobivene su sistemskim pregledom baza podataka, a razvoj

metabolički mjernih sustava uvelike je olakšao izravno mjerenje potrošnje kisika i prema tome, energetske potrošnje i MET vrijednosti velikog broja tjelesnih aktivnosti. Navedeni priručnik koristi se za kvantifikaciju utroška energije širokog spektra tjelesnih aktivnosti (HHS, 2008) i procjenu potrošnje energije za pojedinca, za potrebe istraživanja, u kliničkim okruženjima kao i za definiranje preporuka.

### 3.2.3. Antropometrija

Tjelesna se masa mjerila na medicinskoj vagi s preciznošću od 0,1 kg. Prije ispitivanja vaga se postavljala u nulti položaj. Ispitanici su prilikom mjerenja stajali mirno. Visina tijela se mjerila antropometrom i zapisivala s preciznošću od 0,1 cm. Ispitanici su stajali mirno na ravnoj podlozi, težinom raspoređenom na obje noge, spuštenih ramena i skupljenih peta. Vodoravni krak antropometra spušta se zatim do tjemena glave ispitanika, te se visina u cm očita sa skale ucrtane na antropometru. Podaci dobiveni navedenim mjerenjima korišteni su za izračun indeksa tjelesne mase (ITM) izraženog kao kvocijent tjelesne mase u kilogramima i kvadrata tjelesne visine u metrima ( $\text{kg/m}^2$ ).

U prethodnom istraživanju s istim ispitanicima sastav tijela mjereno je metodama zračne pletizmografije, debljine kožnih nabora i bioelektričnom impedancijom (Mijat i sur., 2016). Kako su rezultati navedenog istraživanja pokazali da nema značajne razlike u dobivenim prosječnim vrijednostima postotka masnog tkiva između korištenih metoda mjerenja, te se sukladno tome preporuča korištenje jedne iste metode u svrhu komparativnog uspoređivanja sastava tijela veslača, u ovom diplomskom radu koristili su se rezultati udjela masnog tkiva u ukupnoj masi dobiveni metodom zračne pletizmografije – BodPod uređajem, koju su prvi put opisali Dempster i Aitkens (1995). Ispitanici su podvrgnuti mjerenjima tijekom sva tri perioda natjecanja u Sportsko Dijagnostičkom centru pri Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ova metoda je „dvokomponentna“ metoda i njome se definirala masna i nemasna tjelesna masa sastavljena od vode, proteina i minerala.

#### 3.2.3.1. Zračna pletizmografija

BodPod uređaj, odnosno komora s poznatim volumenom zraka služi za mjerenje udjela masnog tkiva u ukupnoj masi ispitanika, jednostavnim principom određivanja volumena tijela mjerenjem volumena zraka koji preostane u komori kada ispitanik u nju sjedne.

Mjerenje se provodilo prema standardiziranom postupku (McCrory i sur., 1995) na način da ispitanik sjedne u frontalni dio uređaja koji predstavlja testnu komoru, bez obuće, odjeven u kupaći kostim koji usko priliježe uz tijelo, kose skupljene u kapu kako bi se isključio zrak pohranjen u kosi. Nakon toga vrata komore se zatvaraju. Tijekom kratkog vremena od nekoliko minuta, na temelju razlike u volumenu zraka u komori s ispitanikom i volumena zraka prazne komore, te vrijednosti promjene tlaka dobivena je vrijednost volumena tijela ispitanika. Volumen tijela mjeren je dvaput kako bi se osigurala pouzdanost mjerenja. Ako bi došlo do razlike u volumenu tijela za više od 150 mL, provodilo se treće mjerenje. Iz dobivenog volumena tijela i tjelesne mase izračunata je gustoća tijela koja se uvrstila u formulu Siriya (Siri, 1961) za određivanje postotka tjelesne masti na osnovu poznate gustoće tijela (D):

$$\% \text{ tjelesne masti} = (495/D) - 450.$$

Ispitanici su prilikom mjerenja BodPod uređajem morali voditi računa da je od posljednjeg obroka prošlo najmanje dva sata kao i od posljednje tjelesne aktivnosti.

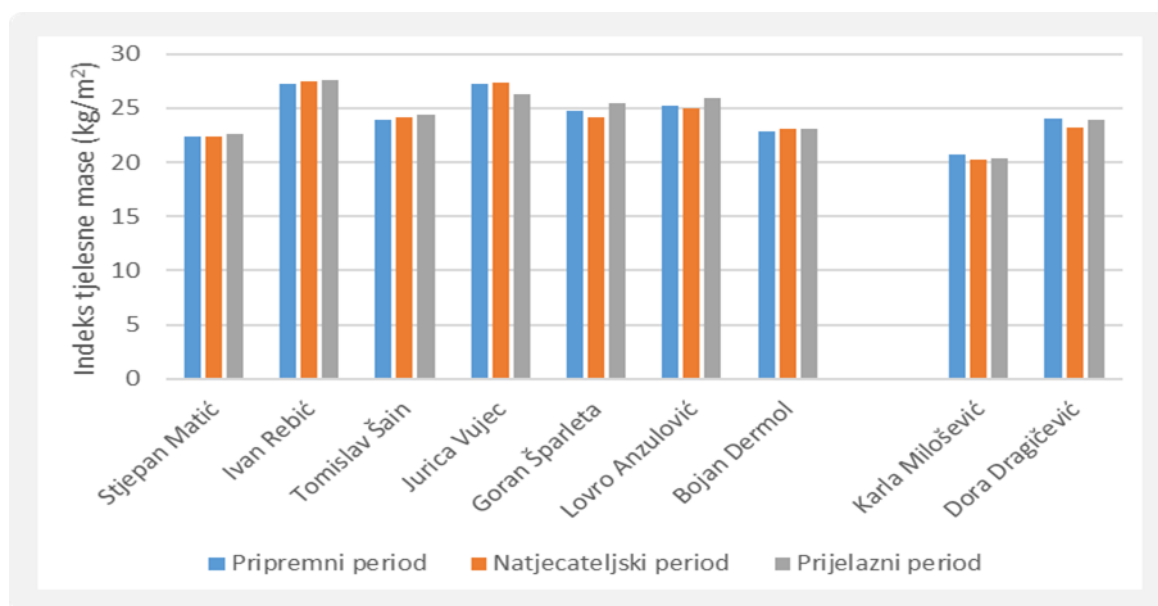
#### 3.2.4. Obrada podataka

U obradi podataka korišten je MS Excel 2016. Pomoću njega obrađeni su dnevници prehrane na temelju kojih je procijenjen energetske unos. Energetska potrošnja izračunata je uz pomoć dnevnika tjelesnih aktivnosti, tjelesne mase dobivene antropometrijskim mjerenjem i MET vrijednosti. Kompendij tjelesnih aktivnosti, dostupan u obliku Excel-a služio je za pripisivanje MET vrijednosti svakoj pojedinoj tjelesnoj aktivnosti. Na temelju razlike u ukupnom dnevnom energetskom unosu umanjenom za potrošnju za tjelesnu aktivnost te dijeljenjem sa kilogramima nemasne tjelesne mase (FFM) koja je dobivena procjenom sastava tijela BodPod uređajem, izračunata je raspoloživa energija za svaki pojedini dan kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period.

Raspoloživost energije iskazana je prosječnim vrijednostima za sedam dana kroz sve navedene periode i prikazana u obliku postotka, dok su ostale kvantitativne varijable iskazane prosječnim vrijednostima i standardnom devijacijom.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

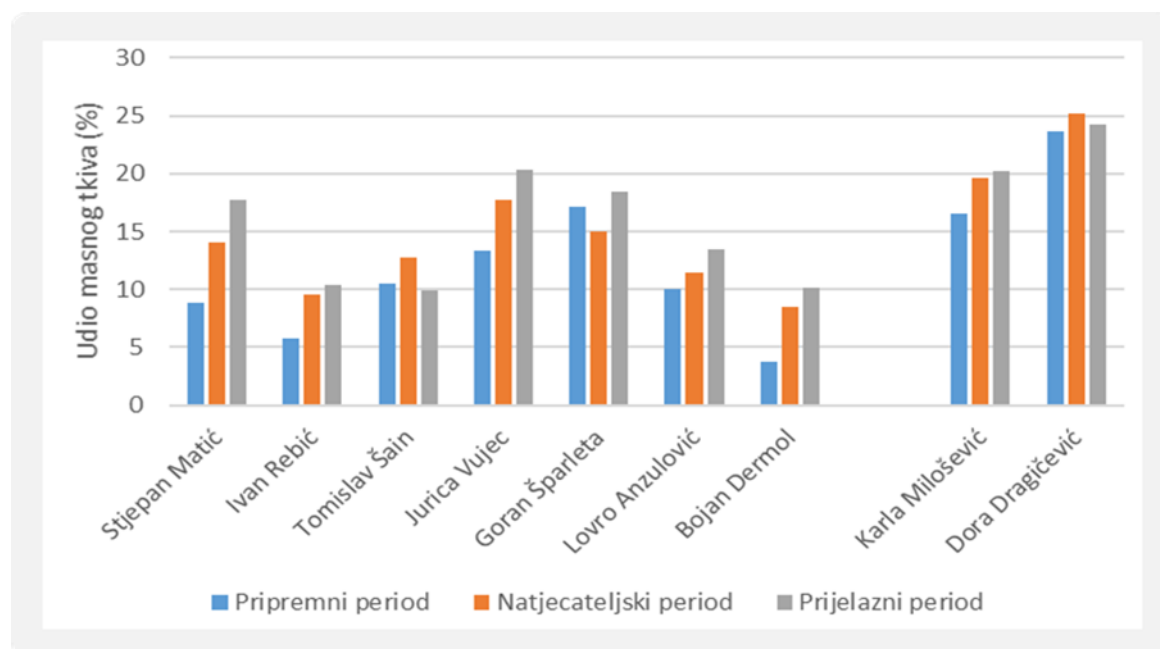
Uvidom u osnovne deskriptivne parametre prikazane u tablicama 3. do 5. prosječna dob ispitanika bila je  $22,3 \pm 3,8$  (veslačice  $21,1 \pm 2,7$ ; veslači  $23,5 \pm 4,9$ ) pa možemo zaključiti kako su se ispitanici nalazili na početku razdoblja postizanja najboljih rezultata. Prosječna visina ispitanika bila je  $181,1 \pm 7,8$  cm, a prosječna tjelesna masa  $76,9 \pm 6,1$  kg što je u skladu s drugim istraživanjima koja su se bavila utvrđivanjem morfoloških karakteristika vrhunskih veslača (Mikulić i sur., 2005) i koja su potvrdila važnost iznadprosječnih vrijednosti tjelesne mase za uspješno bavljenje natjecateljskih veslanjem. To se ogleda u mogućnosti djelovanja na čamac većom silom (Secher i Vaage, 1983). Iznadprosječna tjelesna visina omogućuje korištenje veće poluge, veslaču omogućuje dužu aktivnu fazu zaveslaja što utječe na brzinu kretanja čamca.



Slika 3. Prikaz promjene indeksa tjelesne mase ( $\text{kg/m}^2$ ) kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period ( $n=9$ )

Na temelju antropometrijskih podataka izračunat je prosječan indeks tjelesne mase. U pripremnom periodu iznosio je  $22,5 \pm 1,5$   $\text{kg/m}^2$  za veslačice ( $n=6$ ) i  $24,4 \pm 1,9$   $\text{kg/m}^2$  za veslače ( $n=19$ ). U natjecateljskom periodu slično,  $21,8 \pm 1,3$   $\text{kg/m}^2$  za veslačice ( $n=4$ ) i  $24,6 \pm 1,6$   $\text{kg/m}^2$  kod veslača ( $n=10$ ), dok je tijekom prijelaznog perioda došlo do blagog povećanja kod veslača ( $n=9$ ) na  $25,1 \pm 1,5$   $\text{kg/m}^2$  kao rezultat povećanja tjelesne mase. Kod veslačica ( $n=3$ ) nije bilo značajne promjene i indeks tjelesne mase iznosio je  $21,7 \pm 1,6$   $\text{kg/m}^2$ . Na slici 3. prikazane su promjene indeksa tjelesne mase ovisno o periodu natjecanja gdje su izdvojeni ispitanici kod

kojih su bili dostupni svi podaci iz pripremno, natjecateljskog i prijelaznog perioda radi boljeg prikaza i usporedbe. Također, kod istoimenih ispitanika na slici 4. prikazane su promjene udjela masnog tkiva ovisno o periodu natjecanja, a u tablici 6. navedene su prosječne vrijednosti masnog tkiva dobivene mjerenjem BodPod uređajem.



Slika 4. Prikaz promjena udjela masnog tkiva (%) kroz pripremni, natjecateljski i prijelazni period (n=9)

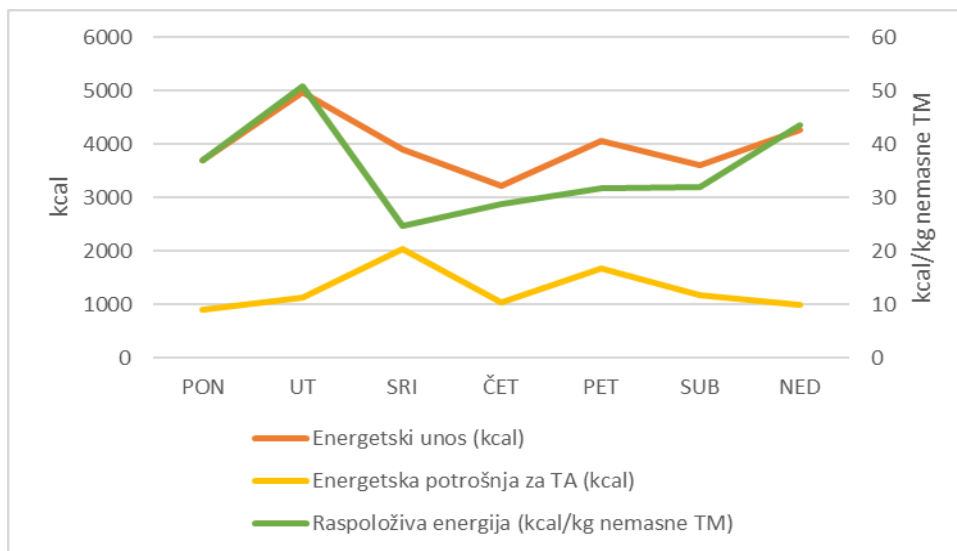
Tablica 6. Prosječni udio masnog tkiva kod veslačica i veslača tijekom pripremnog, natjecateljskog i prijelaznog perioda natjecanja

	Pripremni period		Natjecateljski period		Prijelazni period	
	Veslačice (n=6)	Veslači (n=19)	Veslačice (n=4)	Veslači (n=10)	Veslačice (n=3)	Veslači (n=9)
Udio masnog tkiva (%)	17,9 ± 4,3	10,2 ± 3,8	20,2 ± 4,9	12,1 ± 2,8	18,3 ± 5,7	13,8 ± 3,9

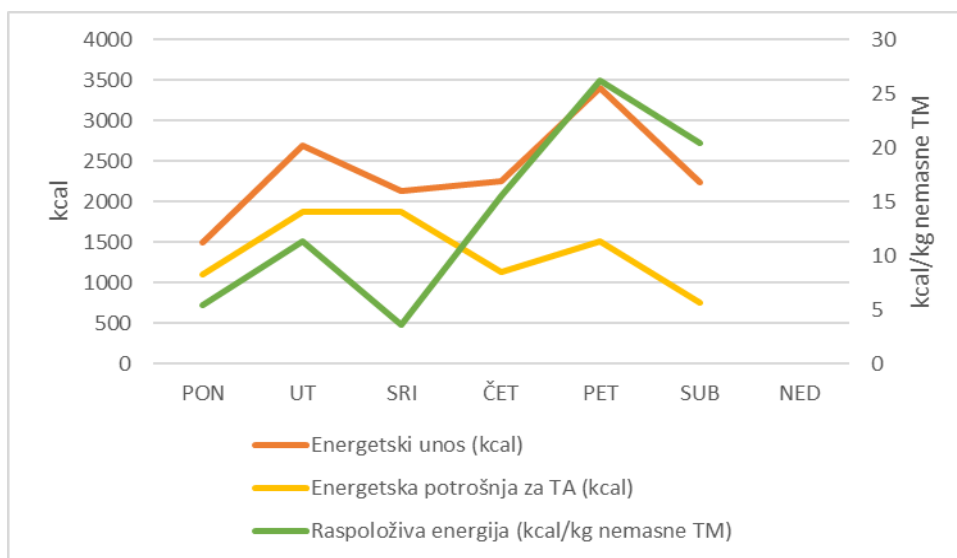
Osim procjene prosječnog dnevnog nutritivnog unosa i potrošnje energije, odnosno raspoloživosti energije kod lakih i teških veslača, ovaj se diplomski rad fokusirao na utjecaj odnosa prosječnog dnevnog nutritivnog unosa energije i prosječnog dnevnog utroška energije na promjene u sastavu tijela kod veslača. Dobiveni rezultati imaju značajan doprinos jer za razliku od dosadašnjih istraživanja na veslačima obuhvaćaju promjene koje se dešavaju u različitim fazama sportske pripreme jedne natjecateljske sezone. Pa tako iz tablice 6. možemo vidjeti kako je došlo do promjena u udjelu masnog tkiva. Rastući trend posebno je vidljiv u prijelaznom razdoblju kod veslača prilikom odmora od trenažnih treninga. Za očekivati je da će se postotak tjelesne masti smanjivati s dolaskom i trajanjem natjecateljskog razdoblja što potvrđuju i druga istraživanja (Morris i Payne, 1996), a i iz prikaza udjela masnog tkiva na ispitanicima ovog diplomskog rada vidljivo je kako je kod većine veslačica i veslača, osim kod jednog, udio najmanji prilikom pripremnog razdoblja kojeg karakteriziraju aerobni treninzi u kombinaciji s određenim udjelom treninga snage i anaerobnim treninzima. Prosječni udio masnog tkiva kod ispitanika je 12% koji je očekivano manji nego kod opće populacije kod koje se prosjek udjela masnog tkiva kreće između 18 i 20% (Mišigoj-Duraković i sur., 1998), a veći kada se usporedi s podacima za bicikliste koji bilježe prosječan udio masnog tkiva od 9,5% (Bell i sur., 2016) i maratonce s prosječnim udjelom od 8,9% (Onywera i sur., 2006).

Kod dva ispitanika udio masnog tkiva najveći je tijekom natjecateljskog perioda, no za razliku od drugih sportova gdje sportaši savladavaju težinu vlastitog tijela i gdje prema tome masno tkivo predstavlja balastnu masu koja smanjuje učinkovitost, s veslačima u čamcu to nije slučaj jer čamac „nosi“ veslačevu masu pa se toleriraju i lagano povećane vrijednosti tjelesne masti. Ispitanike karakteriziraju veće vrijednosti nemasne tjelesne mase (FFM) od prosječne populacije, a kao posljedica njenog povećanja, rasta te intenzivnih treninga povećava se potrošnja energije. Veslači s povećanim potrebama za energetske unosom moraju zadovoljiti energetske potrebe koje se mijenjaju ovisno o promjenama u intenzitetu treninga kroz različite faze sportske pripreme natjecateljske sezone. Kako je u ovom istraživanju temeljna pretpostavka postojanje razlika u prosječnom dnevnom unosu energije kao i potrošnji za tjelesnu aktivnost (TA) kroz različite periode sportske pripreme, na slikama 5. do 7. prikazane su promjene u energetske unosu i potrošnji te sukladno tome i promjene u raspoloživosti energije jednog ispitanika, izdvojenog iz uzorka, ovisno o danima pripremnog, natjecateljskog i prijelaznog perioda.

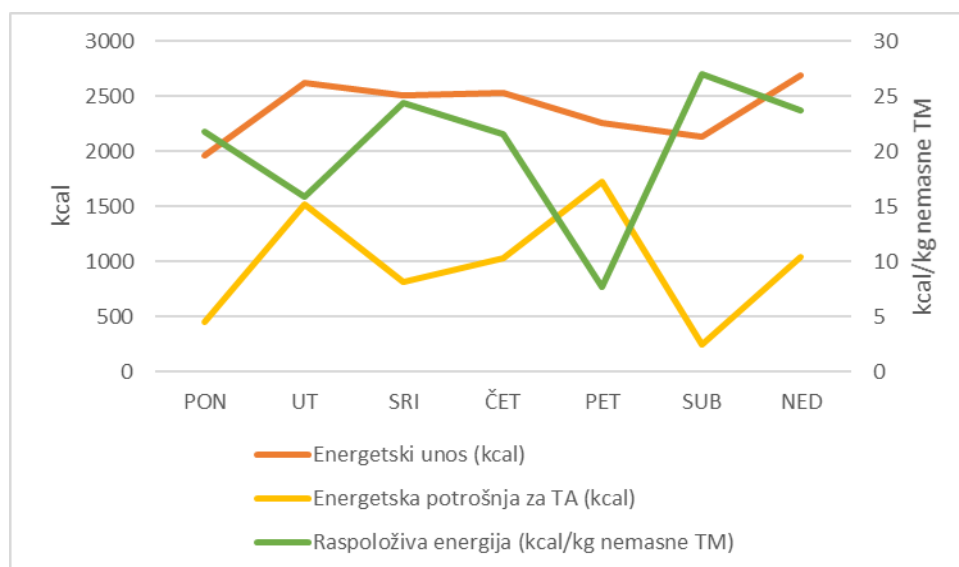




Slika 5. Prikaz promjena u energetske unosu i potrošnji (kcal) te raspoloživosti energije (kcal/kg nemasne TM) ovisno o danima pripremnog perioda jednog ispitanika (n=1)

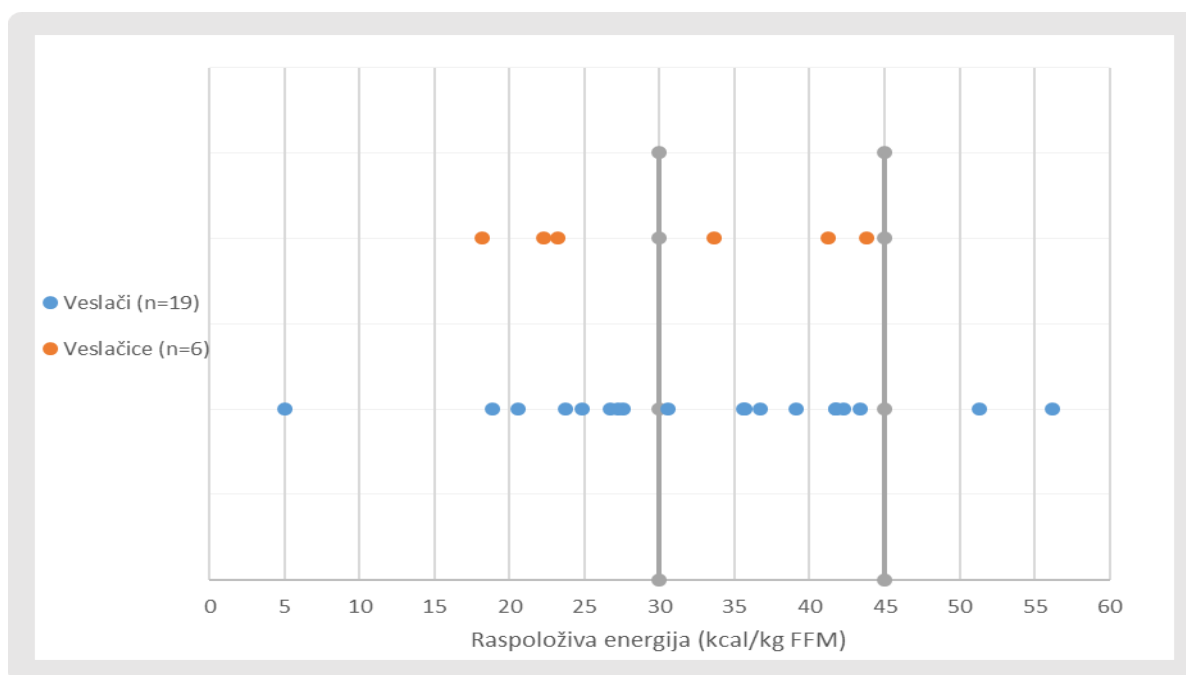


Slika 6. Prikaz promjena u energetske unosu i potrošnji (kcal) te raspoloživosti energije (kcal/kg nemasne TM) ovisno o danima natjecateljskog perioda jednog ispitanika (n=1)

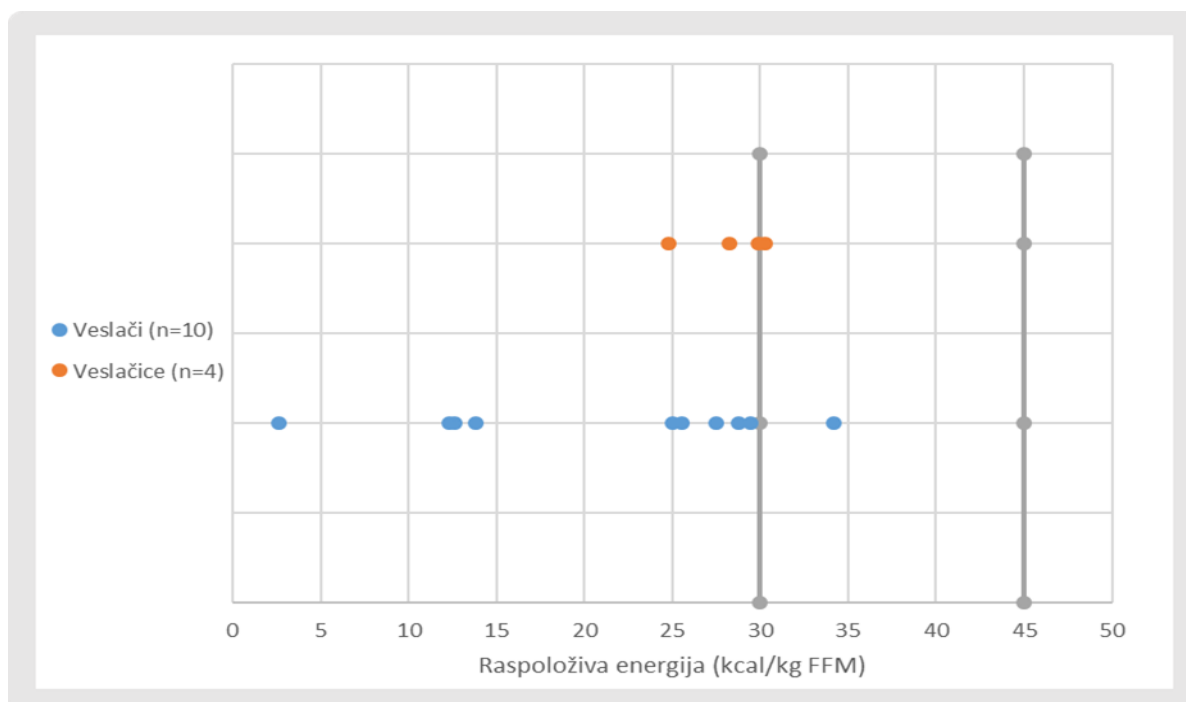


Slika 7. Prikaz promjena u energetske unosu i potrošnji (kcal) te raspoloživosti energije (kcal/kg nemasne TM) ovisno o danima prijelaznog perioda jednog ispitanika (n=1)

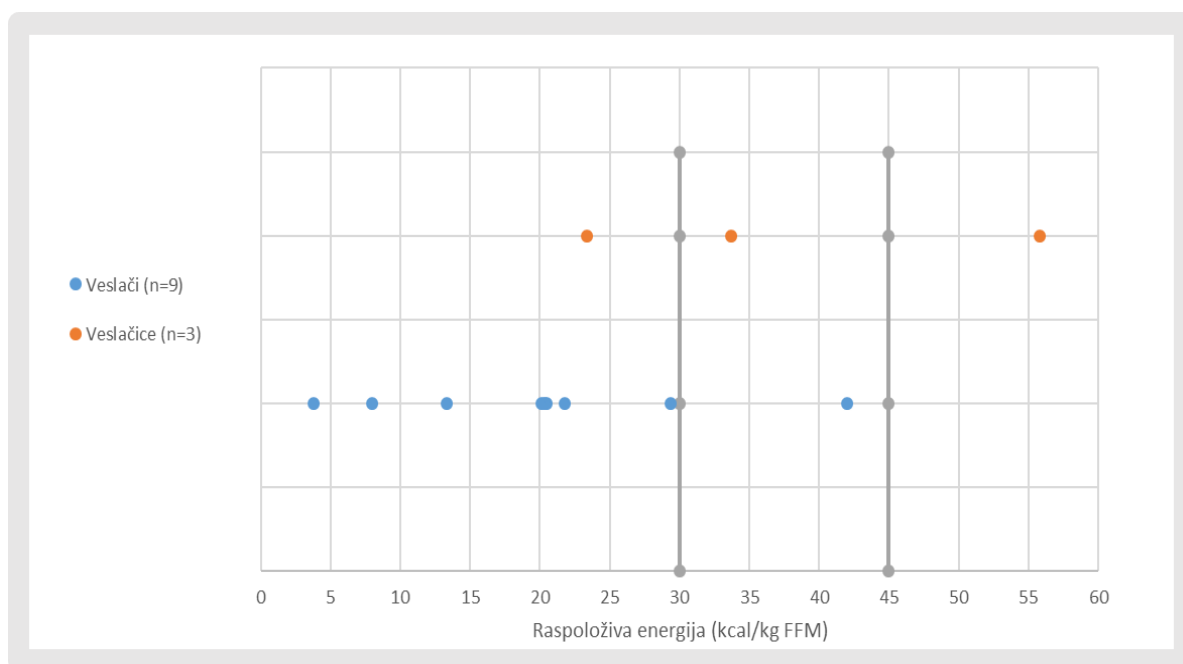
S prikaza je vidljivo kako je nutritivni unos energije tijekom prijelaznog razdoblja značajno manji u odnosu na pripremni i natjecateljski period kako se i smanjuje broj i intenzitet treninga. Zabilježeni su i veliki rasponi unutar energetskeg unosa tijekom dana u tjednu, što može biti posljedica preokupiranosti brojem i rasporedom treninga te potrebnim angažmanom oko pripreme i vaganja hrane. Također, jasno možemo uočiti kako prilikom povećanja energetskeg unosa i smanjena potrošnje energije za tjelesnu aktivnost dolazi do povećanja udjela raspoložive energije, dok je kod smanjenja unosa, a povećanja energetske potrošnje udio raspoložive energije manji.



Slika 8. Raspoloživa energija veslačica i veslača tijekom pripremnog perioda (n=25)



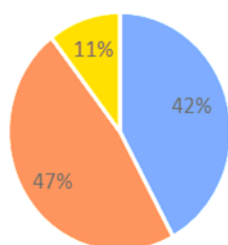
Slika 9. Raspoloživa energija veslačica i veslača tijekom natjecateljskog perioda (n=14)



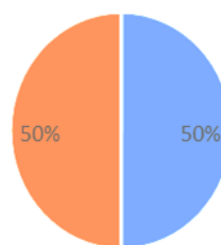
Slika 10. Raspoloživa energija veslačica i veslača tijekom prijelaznog perioda (n=12)

Na slikama 8., 9. i 10. prikazane su prosječne vrijednosti 7-dnevnih izračuna raspoloživosti energije izražene kao kilokalorije po kilogramu nemasne tjelesne mase (FFM) za svakog pojedinca, u svakom periodu prikupljanja podataka. Granice su postavljene na 30 kcal/kg nemasne TM, koliko je potrebno kod zdrave odrasle osobe za održavanje metabolizma te na 45 kcal/kg nemasne TM, koliko je potrebno za energetske ravnotežu odnosno održavanje tjelesne mase.

Raspoloživa energija kod veslača (n=19)

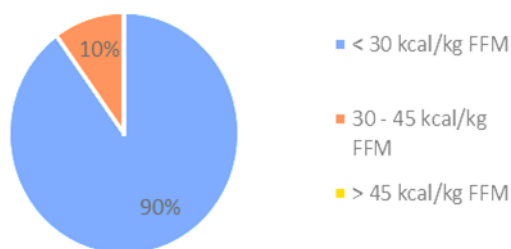


Raspoloživa energija kod veslačica (n=6)

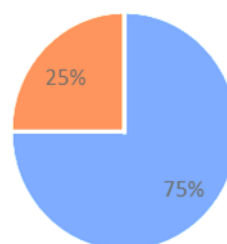


Slika 11. Prikaz udjela ispitanika (%) s pripadajućom raspoloživosti energije (kcal/kg FFM) tijekom pripremnog perioda

Raspoloživa energija kod veslača (n=10)

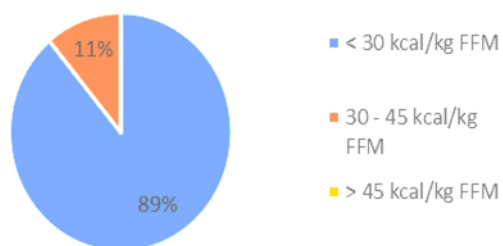


Raspoloživa energija kod veslačica (n=4)

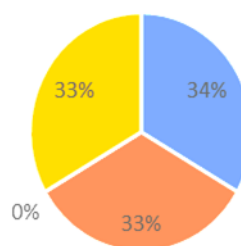


Slika 12. Prikaz udjela ispitanika (%) s pripadajućom raspoloživosti energije (kcal/kg FFM) tijekom natjecateljskog perioda

Raspoloživa energija kod veslača (n=9)



Raspoloživa energija kod veslačica (n=3)



Slika 13. Prikaz udjela ispitanika (%) s pripadajućom raspoloživosti energije (kcal/kg FFM) tijekom prijelaznog perioda

Radi boljeg razumijevanja dobivenih rezultata na slikama 11., 12. i 13., raspoloživa energija prikazana je u postotcima, ovisno o spolu i periodu mjerenja. Sa slika vidljivo je kako samo 11% ispitanika ima odgovarajući udio raspoloživosti energije od 45 kcal/kg nemasne TM i to tijekom pripremnog perioda, dok 42% imaju raspoloživost energije ispod 30 kcal/kg nemasne TM i ne zadovoljavaju preporučeni udio raspoložive energije. Promatrajući sve ostale periode natjecateljske sezone, većina ima nisku raspoloživost energije, 90% veslača i 75% veslačica tijekom natjecateljskog perioda, te 89% veslača tijekom prijelaznog perioda. Kod veslačica tijekom prijelaznog perioda, jednak je broj ispitanica s niskim udjelom i onih koje imaju zadovoljavajući udio raspoloživosti energije, no mali broj ispitanica implicira manje precizno određivanje točne prosječne raspoloživosti energije. Također, prevladava veći udio

raspoloživosti energije ispod 30 kcal/kg nemasne TM, posebno tijekom natjecateljskog i prijelaznog perioda što je zabrinjavajuće. Niska raspoloživost energije tijekom natjecateljskog perioda može utjecati na sportsku izvedbu te povećava rizik od bolova, ozljeda i nemogućnosti opravka mišića.

Kao što je prikazano na slikama 5., 6. i 7. do takvog deficita raspoložive energije može doći bilo povećanjem intenziteta vježbanja koje nije praćeno povećanim unosom energije, bilo redukcijom unosa energije, a bez značajnog smanjenja intenziteta vježbanja. Dosadašnja istraživanja većinom govore u prilog dobivenim rezultatima posebno kod sportaša kojima je važna izdržljivost koji povećavaju potrošnju energije prilikom pokretanja lokomotornog sustava, radi postizanja specifičnih ciljeva smanjenja tjelesne mase i masnog tkiva (Loucks, 2007). Iako je sposobnost ljudskog organizma da se prilagodi određenom stupnju slučajnog ili namjernog smanjenja energije snažna, sportaši trebaju unositi dovoljno energije putem hrane kako bi se postigla raspoloživost energije od 45 kcal/kg nemasne TM.

Istraživanja razine raspoloživosti energije kod veslača nedostaju, dok ostala navode adekvatnu raspoloživost energije kod odbojkašica od 42,5 kcal/kg nemasne TM/dan (Woodruff i Meloche, 2013), no nisku razinu raspoloživosti energije kod profesionalnih biciklistica (30 kcal/kg nemasne TM/dan), rekreativki (33 kcal/kg nemasne TM/dan) i amenoreičnih sportašica (16 kcal/kg nemasne TM) koje su uz bicikliranje provodile aerobik i trčanje (Thong i sur., 2000). Kako veslanje, kao i biciklizam i trčanje, spada u skupinu sportova izdržljivosti, možemo zaključiti da za razliku od odbojke postoji veća zastupljenost niske razine raspoložive energije.

Provedeno istraživanje ima nekoliko nedostataka. Iako kod računanja raspoloživosti energije ne uzimamo u obzir ukupnu energetske potrošnje i njene komponente kao što je stopa metabolizma u mirovanju, pa je prema tome greška mjerenja manja, problem predstavlja praktični način procjene unosa i potrošnje energije putem samozapisa dnevnika prehrane i dnevnika tjelesne aktivnosti koji je pod utjecajem ponašanja ispitanika.

Apsolutni energetske unos u pripremnom periodu kod veslača ovog diplomskog rada iznosio je 3617 kcal/dan, a kod veslačica 2647 kcal/dan dok je energetska potrošnja za tjelesnu aktivnost bila znatno manja i to 1077 kcal/dan kod veslača i 920 kcal/dan kod veslačica. Sukladno tome, u pripremnom periodu raspoloživost energije kod većine ispitanika bila je adekvatna. Za razliku od pripremnog perioda, u natjecateljskom periodu prosječni energetske unos bio je manji i iznosio je 2854 kcal/dan kod veslača te 2495 kcal/dan kod veslačica. Energetska potrošnja bila je nešto veća u natjecateljskom periodu u odnosu na pripremni, 1303 kcal/dan kod veslača i 963

kcal/dan kod veslačica. Sve skupa je posljedično dovelo do niske raspoloživosti energije. Slične vrijednosti prosječnog energetskeg unosa i potrošnje dobivene su i tijekom prijelaznog perioda kao i niska razina raspoložive energije. Rezultati istraživanja Hill i Davies (2002) provedeno kod veslačica lake kategorije slični su onima dobivenim u ovom diplomskom radu. Istraživanje je izvjestilo kako je prosječan unos energije veslačica bio 2214 kcal dok je njihova energetska potrošnja tjelesne aktivnosti bila 3957 kcal. Za većinu je bio zabilježen znatno manji energetski unos od izračunate potrošnje energije, a nizak energetski unos pripisuje se podcjenjivanju i nedovoljnom izvješćivanju o stvarnom unosu hrane. Također, i druga istraživanja kod biciklista, boksača i ostalih sportaša kod kojih je važna izdržljivost, izvješćuju o neusklađenosti energetskeg unosa s energetsom potrošnjom (Lombardi i sur., 2012; Morton i sur., 2010). Iz izračuna energetskeg unosa vidljivo je kako su bili prisutni veliki rasponi između energetskeg unosa unutar svakog sudionika kroz 7 dana. Takva varijabilnost moguća je zbog nedostupnosti hrane uslijed čestih treninga i rasporeda natjecanja kao i zbog intenziteta samog treninga što rezultira umorom i nedostatkom volje za pripremu obroka.

Podcjenjivanje stvarnog energetskeg unosa možemo uočiti ako promatramo promjenu sastava tijela, odnosno tjelesne mase, ispitanika ovog diplomskog rada. Kod veslača je sa svakim nadolazećim periodom došlo do povećanja tjelesne mase dok je raspoloživa energija deficitarna. Prema dobivenim rezultatima, energetska potrošnja bi u odnosu na unos trebala biti manja. Upravo zbog toga, promjene u tjelesnoj masi i konstituciji tijela moraju biti uključene u razmatranje energetske raspoloživosti.

U odnosu na ostala slična istraživanja koja traju 3 do 4 dana, period od 7 dana trajanja dnevnika prehrane bilo je optimalno za obuhvatiti i to kroz tri perioda natjecateljske sezone. Ono predstavlja veliku prednost. Inače, time se poboljšava pouzdanost procjene unosa energije i nutrijenata sportaša (Braakhuis i sur., 2003), no kako se radi o uspoređivanju unosa energije kroz tri različite faze sportske pripreme jedne natjecateljske sezone, moguće je i da je u ovom slučaju dovelo do povećanja opterećenja ispitanika te rezultiralo smanjenom pažnjom i netočnim zapisom kao i varijabilnostima u procjeni dnevnog unosa. Do pogreške je moglo doći i prilikom nepreciznosti zapisavanja hrane (vrste, % mliječne masti), subjektivnom procjenom neizvagane hrane i veličine porcije ili količine pojedene hrane kao i prilikom unošenja i računanja energije pomoću tablica s kemijskim sastavom hrane. Sama procedura vođenja dnevnika prehrane i veća angažiranost ispitanika kao i mogućnost promjena u ponašanju zbog veće usredotočenosti na unos hrane smatraju se nedostatkom dnevnika (Štalić i Alebić, 2008).

Računanje energetske potrošnje temeljilo se također na praktičnoj, manje pouzdanoj metodi vođenja dnevnika tjelesne aktivnosti gdje je moguća greška mogla nastati prilikom nenavođenja, nedovoljnog objašnjenja vrste i intenziteta provedene tjelesne aktivnosti. Glavni nedostatak takvog dnevnika je komplicirana obrada dnevničkih podataka i zahtjevnost za ispitanika što može utjecati na njegovo ponašanje. Neprecizna obrada navedenih aktivnosti moguća je krivim pripisivanjem MET vrijednosti ovisno o intenzitetu što rezultira krivom procjenom energetske potrošnje. Kod sportaša je to vjerojatnije, jer MET obuhvaća prosječne vrijednosti opće populacije i ne uzima u obzir individualne razlike (npr. efikasnost, kondicijska spremnost, fizičke osobine odnosno sastav tijela) i uvjete provođenja tjelesne aktivnosti (npr. nagib, vrsta terena) (Ainsworth i sur., 2000). MET vrijednosti uzimaju u obzir ukupnu tjelesnu masu, a sportaši se od prosječne populacije razlikuju po sastavu tijela, odnosno većom ukupnom tjelesnom masom. MET je metoda sistemskog klasificiranja energetske potrošnje u velikim populacijama i obuhvaća prosječne vrijednosti. Iako metabolički ekvivalent nije razvijen kako bi se odredila precizna energetska potrošnja unutar pojedinca, postoje situacije u kojima se može koristiti za procjenu pojedinačne energetske potrošnje kao višekratnika izmjerenih i/ili predviđenih stopa metabolizma u mirovanju (RMR). Pa za nekoga tko ima RMR manji od  $3,5 \text{ ml VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , a to su najčešće sportaši, standardni MET procjenjuje RMR pojedinca, što rezultira precjenjivanjem energetske potrošnje posebno kod aktivnosti visokog intenziteta. Zbog toga, pogreške kod MET vrijednosti mogu doprinijeti pogreškama kvantificiranja promjena u razinama tjelesne aktivnosti i pogreškama pri samoprocjeni za izračun energetske ravnoteže te je potreban korelacijski faktor za prilagodbu pojedinih razlika pri procjeni energetske potrošnje tjelesne aktivnosti.

Nadalje, krajnji rezultat dobivenog udjela masnog tkiva mjeren zračnom pletizmografijom može sadržavati mogućnost proračunskih pogrešaka jer je ovisan i o plućnom volumenu ispitanika, a on je pak određen pomoću jednadžbi integriranih u sami BodPod uređaj. Jednadžbe koriste podatke za opću populaciju, a ne za sportaše što dovodi do podcjenjivanja udjela masnog tkiva (Collins i sur., 1999). Moguć je izvor pogreške i ako su ispitanici prije mjerenja unosili hranu ili obavljali neku tjelesnu aktivnost što smanjuje preciznost mjerenja. No, pogreška u mjerenju sastava tijela vjerovatno je manja od pogrešaka u pouzdanosti i valjanosti mjerenja ostale dvije komponente jednadžbe raspoloživosti energije, unosa i potrošnje energije.

Koncept i sama matematička jednadžba raspoloživosti energije proizašli su iz laboratorijskih istraživanja Loucks i sur. (1998) kod eumenoreičnih sportašica. Manipuliranjem razinama raspoložive energije definirane su granice od 30 kcal/kg nemasne TM kod kojih dolazi do



negativnih posljedica na odvijanje fizioloških funkcija. Istraživanje ovog diplomskog rada ne koristi laboratorijska mjerenja, a istraživanja koja su jednako tako koristila samoprocjenu unosa i potrošnje energije nisu pronašle poveznice između raspoloživosti energije kod sportaša i neželjenih posljedica na metaboličke hormona (Heikura i sur., 2018; Koehler i sur., 2013) i menstrualnih poremećaja (Liebermann i sur., 2018; Melin i sur., 2015b). Granice su određene na sportašicama, što može različito utjecati na sportaše. Nedostatak jasne granice „niske“ raspoloživosti energije stvara problem prilikom mjerenja. Razlike u prevalenciji niske raspoloživosti energije i oštećenjima fizioloških funkcija u različitim populacijama rezultat su upravo metodoloških razlika pri procjeni svake komponente raspoložive energije (obrada dnevnika prehrane i unošenje podataka, kao i obrada dnevnika tjelesne aktivnosti ili pak korištenje mjerača energetske potrošnje koji mogu podcjeniti energetske potrošnje intenzivne tjelesne aktivnosti i pogreške pri mjerenju sastava tijela). Činjenica da još uvijek ne postoji standardizirani protokol izravnog mjerenja raspoloživosti energije (Burke i sur., 2018b) i da nema jasnih smjernica za izračun, uključujući razdoblje i tehnike procjene, ostavlja prostora za daljnja istraživanja.

## 5. ZAKLJUČCI

Provedeno istraživanje o usporedbi razina raspoloživosti energije kod veslačica i veslača između različitih faza sportske pripreme pokazalo je sljedeće rezultate:

- 1) samo 11% veslača je tijekom pripremnog razdoblja imalo adekvatnu raspoloživu energiju, dok je njih 47% imalo raspoloživu energiju u granici od 30 do 45 kcal/kg FFM, a 42% ispod 30 kcal/kg FFM što predstavlja nizak udio raspoloživosti energije. Kod veslačica je 50% imalo ispod 30, a 50% u granicama od 30 do 45 kcal/kg FFM raspoložive energije.
- 2) Tijekom natjecateljskog razdoblja većina ispitanika, 90% veslača i 75% veslačica, imali su nisku raspoloživost energije.
- 3) Jednako tako i tijekom prijelaznog razdoblja, gdje je 89% veslača imalo nisku raspoloživost energije, osim kod veslačica gdje je samo jedna imala adekvatnu raspoloživost energije.
- 4) Dugoročni učinci niske raspoloživosti energije, i fizički i psihološki, mogu biti značajni u bilo koje aktivne osobe pa je prepoznavanje i identifikacija sportaša s niskom raspoloživosti energije ključno.
- 5) Računanje raspoloživosti energije može koristiti za procjenu da li unos energije podržava zdravlje i sposobnost organizma ili ga narušava, posebno kada se radi o sportašima koji ograničavaju unos energije da bi postigli odgovarajući sastav tijela. Raspoloživost energije je važna komponenta za sportaše s visokom energetske potrošnjom koji mogu biti u opasnosti radi niskog unosa energije u odnosu na potrošnju s posljedicama na zdravlje i sportsku izvedbu. Sportaši se ne bi trebali natjecati kada nisu zdravi, a želja za pobjedom ne bi smjela nadjačati brigu za zdravljem.
- 6) Rezultati dobiveni ovim istraživanjem mogu koristiti veslačima kako bi preko izračuna prosječnog dnevnog unosa i energetske potrošnje stekli uvid u nutritivni status prehrane u odnosu na potrošnju i optimizirali sportsku izvedbu. Nadalje, dobiveni rezultati mogu pomoći veslačkim trenerima, nutricionistima i sportsko-dijagnostičkim centrima u svrhu kvalitetnije kontrole učinka trenažnog procesa kroz promjene u sastavu tijela veslača. Sve navedeno može doprinijeti boljem definiranju prehrambenih smjernica za sportaše ovisno o pojedinoj fazi trenažnog procesa u jednoj veslačkoj sezoni, kao i u svrhu dobivanja točnijih rezultata u nekim budućim istraživanjima.
- 7) Kako ne postoji jedinstveni protokol i izravno mjerenje raspoloživosti energije, akutna procjena može neprecizno predstavljati kronično stanje. Postoje pogreške u pouzdanosti i valjanosti mjerenja komponenti jednadžbe raspoloživosti energije što predstavlja velik izazov za znanstvenike u budućim istraživanjima. Redovita procjena i povećanje svijesti o raspoloživoj

energiji i njenim posljedicama uz promatranje promjena u sastavu tijela i optimiziranje prehrane mogu pomoći u preveniranju štetnih posljedica dugoročno niske raspoložive energije.

## 6. LITERATURA

- Ackerman, K. E., Holtzman, B., Cooper, K. M., Flynn, E. F., Bruinvels, G., Tenforde, A. S., Popp, K. L., Simpkin, A. J., Parziale, A. L. (2018) Low energy availability surrogates correlate with health and performance consequences of relative energy deficiency in sport. *Br. J. Sports Med.* **0**, 1-6.
- Ackerman, K. E., Slusarz, K., Guereca, G., Pierce, L., Slattery, M., Mendes, N., Herzog, D. B., Misra, M. (2012). Higher ghrelin and lower leptin secretion are associated with lower LH secretion in young amenorrheic athletes compared with eumenorrheic athletes and controls. *Am. J. Physiol-Endoc. M.* **302**, 800–806.
- Agricultural Research Service (2013) USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Nutrient Data Laboratory Home Page.
- Ahmadi, A., Enayatzadeh, N., Akbarzadeh, M., Asadi, S., Tabatabaee, S. H. (2010) Iron status in female athletes participating in team ball-sports. *Pakistan J. Biol. Sci.* **13**, 93-96.
- Ainsworth, B., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., O'Brien, W. L., Bassett, D. R., Schmitz, K. H., Emplaineourt, P. O., Jacobs, D. R., Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc.* **32**, 498-516.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R. Jr, Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J., Whitt-Glover, M. C., Leon, A. S. (2011) 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med. Sci. Sports Exerc.* **43**, 1575-1581.
- Areta, J. L., Burke, L. M., Camera, D. M., West, D. W., Crawshaw, S., Moore, D. R., Stellingwerff, T., Phillips, S. M., Hawley, J. A., Coffey, V. G. (2014). Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *Am. J. Physiol-Endoc. M.* **306**, 989–997.
- Bell, P. G., Furber, M. J. W., Van Someren, K. A., Anton-Solanas, A., Swart, J. (2016) The Physiological Profile of a Multiple Tour de France Winning Cyclist. *Med. Sci. Sports Exerc.* **49**, 115-123.
- Bennell, K. L., Brukner, P. D., Malcolm, S. A. (1996) Effect of altered reproductive function and lowered testosterone levels on bone density in male endurance athletes. *Br. J. Sports Med.* **30**, 205–208.

- Braakhuis, A. J., Meredith, K., Cox, G. R., Hopkins, W. G., Burke, L. M. (2003) Variability in estimation of self-reported dietary intake data from elite athletes resulting from coding by different sports dietitians. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **13**, 152-165.
- Burke, L. M. (2007) Nutrition. U: Rowing (Secher, N. H., Volianitis, S., ured.), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, str. 103-114.
- Burke, L. M., Close, G. L., Lundy, B., Mooses, M., Morton, J. P., Tenforde, A. S. (2018a) Relative energy deficiency in sport in male athletes: A commentary on its presentation among selected groups of male athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 364-374.
- Burke, L. M., Deakin, V. (2015) Clinical sports nutrition, 5. izd., McGraw-Hill Education Australia, North Ride, Australia.
- Burke, L. M., Lundy, B., Fahrenholtz, I. L., Melin, A. K. (2018b) Pitfalls of Conducting and Interpreting Estimates of Energy Availability in Free-Living Athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 350-363.
- Chatterton, J. M., Petrie, T. A. (2013). Prevalence of disordered eating and pathogenic weight control behaviors among male collegiate athletes. *J. Eat Disord.* **21**, 328–341.
- Collins, M. A., Millard-Stafford, M. L., Sparling, P. B., Snow, T. K., Rosskopf, L. B., Webb, S. A., Omer, J. (1999) Evaluation of the Bod Pod for assessing body fat in collegiate football players. *Med. Sci. Sports Exerc.* **31**, 1350-1356.
- De Souza, M. J., Lee, D. K., VanHeest, J. L., Scheid, J. L., West, S. L., Williams, N. I. (2007) Severity of energy-related menstrual disturbances increases in of energy conservation in exercising women. *Fertil. Steril.* **88**, 971–975.
- De Souza, M. J., Nattiv, A., Joy, E., Misra, M., Williams, N. I., Mallinson, R. J. Gibbs, J. C., Olmsted, M., Goolsby, M., Matheson, G.; Expert Panel (2014) 2014 Female Athlete Triad Coalition Consensus Statement on Treatment and Return to Play of the Female Athlete Triad. *Br. J. Sports Med.* **48**, 289.
- De Souza, M. J., Toombs, R. J., Scheid, J. L., O'Donnell, E., West, S. L., Williams, N. I. (2010) High prevalence of subtle and severe menstrual disturbances in exercising women: confirmation using daily hormone measures. *Hum. Reprod.* **25**, 491–503.
- De Souza, M. J., Williams, N. I. (2004) Physiological aspects and clinical sequelae of energy deficiency and hypoestrogenism in exercising women. *Hum. Reprod. Update* **10**, 433–448.
- Dempster, P., Aitkens, S. (1995) A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.* **27**, 1692–1997.

- Desgorces, F. D., Chennaoui, M., Drogou, C., Guezennec, C. Y., Gomez-Merino, D. (2008) Relationships between leptin levels and carbohydrate intake during rowing training. *J. Sport Med. Phys. Fitness* **48**, 83-89.
- Dusek, T. (2001) Influence of high intensity training on menstrual cycle disorders in athletes. *Croat. Med. J.* **42**, 79–82.
- Elliott-Sale, K. J., Tenforde, A. S., Parziale, A. L., Holtzman, B., Ackerman, K. E. (2018) Endocrine Effects of Relative Energy Deficiency in Sport. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 335-349.
- Fagerberg, P. (2018) Negative consequences of low energy availability in natural male bodybuilding: A review. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 1-18.
- Fedele, M. J., Hernandez, J. M., Lang, C. H., Vary, T. C., Kimball, S. R., Jefferson, L. S., Farrell, P. A. (2000) Severe diabetes prohibits elevations in muscle protein synthesis after acute resistance exercise in rats. *J. Appl. Physiol.* **88**, 102–108.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Sundgot-Borgen, J. (2013) Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *Eur. J. Sport Sci.* **13**, 295–303.
- Guebels, C. P., Kam, L. C., Maddalozzo, G. F., Manore, M. M. (2014) Active women before/after an intervention designed to restore menstrual function: resting metabolic rate and comparison of four methods to quantify energy expenditure and energy availability. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **24**, 37–46.
- Hagmar, M., Hirschberg, A. L., Berglund, L., Berglund, B. (2008) Special attention to the weight-control strategies employed by Olympic athletes striving for leanness is required. *Clin. J. Sport Med.* **18**, 5–9.
- Hall, K. D., Heymsfield, S. B., Kemnitz, J. W., Klein, S., Schoeller, D. A., Speakman, J. R. (2012) Energy balance and its components: implications for body weight regulation. *Am. J. Clin. Nutr.* **95**, 989–994.
- Hasselbalch, S. G., Knudsen, G. M., Jakobsen, J., Hageman L. P., Holm, S., Paulson, O. B. (1995) Blood–brain barrier permeability of glucose and ketone bodies during short-term starvation in humans. *Am. J. Physiol.* **268**, 1161–1166.
- Heaney, S., O'Connor, H., Gifford, J., Naughton, G. (2010) Comparison of strategies for assessing nutritional adequacy in elite female athletes' dietary intake. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **20**, 245–256.

- Heikura, I. A., Uusitalo, A. L. T., Stellingwerff, T., Bergland, D., Mero, A. A., Burke, L. M. (2018) Low energy availability is difficult to assess but outcomes have large impact on bone injury rates in elite distance athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 403-411.
- HHS (2008) Physical Activity Guideline Advisory Committee. Physical Activity Guideline Advisory Committee Report, HHS - U.S. Department of Health and Human Services, Washington DC.
- Hill, R. J., Davies, P. S. W. (2002) Energy intake and energy expenditure in elite lightweight female rowers. *Med. Sci. Sports Exerc.* **34**, 1823–1829.
- Hooper, D. R., Kraemer, W. J., Saenz, C., Schill, K. E., Focht, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2017) The presence of symptoms of testosterone deficiency in the exercise-hypogonadal male condition and the role of nutrition. *Eur. J. Appl. Physiol.* **117**, 1349–1357.
- Howley, E. (2000) You asked for it: question authority. *ACSM's Health Fitness J* **4**, str. 6.
- Ihle, R., Loucks, A. B. (2004) Dose-response relationships between energy availability and bone turnover in young exercising women. *J. Bone Miner. Res.* **19**, 1231-1240.
- Kerr, D. A., Ross, W. D., Norton, K., Hume, P., Kagawa, M., Ackland, T. R. (2007). Olympic lightweight and open-class rowers possess distinctive physical and proportionality characteristics. *J. Sport Sci.* **25**, 43–53.
- Koehler, K., Achtzehn, S., Braun, H., Mester, J., Schaenzer, W. (2013) Comparison of self-reported energy availability and metabolic hormones to assess adequacy of dietary energy intake in young elite athletes. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **38**, 725-733.
- Koehler, K., De Souza, M. J., Williams, N. I. (2017) Less-than-expected weight loss in normal-weight women undergoing caloric restriction and exercise is accompanied by preservation of fat-free mass and metabolic adaptations. *Eur. J. Clin. Nutr.* **71**, 365–371.
- Koehler, K., Hoerner, N. R., Gibbs, J. C., Zinner, C., Braun, H., De Souza, M. J., Schaenzer, W. (2016) Low energy availability in exercising men is associated with reduced leptin and insulin but not with changes in other metabolic hormones. *J. Sport Sci.* **34**, 1921–1929.
- Larson-Meyer, D. E., Palm, S., Bansal, A., Austin, K. J., Hart, A. M., Alexander, B. M. (2012). Influence of running and walking on hormonal regulators of appetite in women. *J. Obes.*, 1-15.
- Lawson, E. A., Ackerman, K. E., Estella, N. M., Guereca, G., Pierce, L., Sluss, P. M., Bouxsein, M. L., Klibanski, A., Misra, M. (2013). Nocturnal oxytocin secretion is lower in amenorrheic athletes than nonathletes and associated with bone microarchitecture and finite element analysis parameters. *Eur. J. Endocrinol.* **168**, 457–464.
- Lebrun, C. M. (2007) The female athlete triad: what's a doctor to do? *Curr. Sports Med. Rep.* **6**, 397-404.

- Lieberman, J. L., De Souza, M. J., Wagstaff, D. A., Williams, N. I. (2018) Menstrual disruption with exercise is not linked to an energy availability threshold. *Med. Sci. Sports Exerc.* **50**, 551–561.
- Lombardi, G., Lanteri, P., Graziani, R., Colombini, A., Banfi, G., Corsetti, R. (2012) Bone and energy metabolism parameters in professional cyclists during the Giro d'Italia 3-weeks stage race. *PLoS one* **7**, 1-9.
- Loucks, A. B. (2004) Energy balance and body composition in sports and exercise. *J. Sports Med.* **22**, 1–14.
- Loucks, A. B. (2007) Low Energy Availability in the Marathon and Other Endurance Sports. *Sports Med.* **37**, 348-352.
- Loucks, A. B. (2009) Is stress measured in joules? *Mil. Psychol.* **21**, 101-107.
- Loucks, A. B. (2012) The endocrine system: integrated influences on metabolism, growth, and reproduction. U: ACSM's Advanced Exercise Physiology (Farrell, P. A., Joyner, M. J., Caiozzo, V. J., ured.), Wolters Kluwer, Philadelphia, PA, str. 466–506.
- Loucks, A. B. (2013) Energy Balance and Energy Availability. U: Sports Nutrition, The Encyclopaedia of Sports Medicine, IOC Medical Commission Publication (Maughan, R. J., ured.), John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, UK, str. 72-87.
- Loucks, A. B., Callister, R. (1993) Induction and prevention of low T3 syndrome in exercise women. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **264**, 924-930.
- Loucks, A. B., Kiens, B., Wright, H. H. (2011) Energy availability in athletes. *J. Sports Sci.* **29**, 7-15.
- Loucks, A. B., Thuma, J. R. (2003) Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **88**, 297-311.
- Loucks, A. B., Verdun, M., Heath, E. M. (1998) Low energy availability, not stress of exercise, alters LH pulsatility in exercising women. *J. Appl. Physiol.* **84**, 37–46.
- Magkos, F., Yannakoulia, M. (2003) Methodology of dietary assessment in athletes: concepts and pitfalls. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* **6**, 539-549.
- Manore, M. M., Kam, L. C., Loucks, A.B. (2007) The female athlete triad: Components, nutrition issues, and health consequences. *J. Sports Sci.* **25**, 61-71.
- Manore, M., Thompson, J. (2015) Energy requirements of the athlete: assessment and evidence of energy efficiency. U: Clinical Sports Nutrition, 5. izd. (Burke, L., Deakin, V., ured.), McGraw-Hill, Sydney, Australia, str. 114-139.



- McCrory, M. A., Gomez, T. D, Bernauer, E. M., Mole, P. A. (1995) Evaluation of air displacement plethysmography for measuring human body composition. *Med. Sci. Sports Exerc.* **27**, 1686–1691.
- Melin, A., Lundy, B. (2015a) Measuring energy availability. U: Clinical sports nutrition 5. izd. (Burke, L. M., Deakin, V., ured.), McGraw-Hill, Sydney, Australia, str. 146-157.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Faber, J., Sundgot-Borgen, J., Sjödín, A. (2016) Low-energy density and high fiber intake are dietary concerns in female endurance athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **26**, 1060–1071.
- Melin, A., Tornberg, Å. B., Skouby, S., Møller, S. S., Sundgot-Borgen, J., Faber, J., Sjödín, A. (2015b). Energy availability and the female athlete triad in elite endurance athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **25**, 610–622.
- Mijat I., Sorić M., Šatalić Z., Mikulić P., Mišigoj-Duraković M. (2016) Slaganje zračne pletizmografije, mjerenja kožnih nabora i bioelektrične impedancije u procjeni sastava tijela veslača natjecatelja. *Hrvat. Športskomed. Vjesn.* **31**, 17-21.
- Mikulić, P., Vučetić, V., Matković, B., Oreb, G. (2005) Morfološke i somatotipske karakteristike vrhunskih hrvatskih veslača. *Hrvat. Športskomed. Vjesn.* **20**, 15-19.
- Mišigoj-Duraković, M., Heimer, S., Matković, B. R. (1998) Morphological and functional characteristics of the student population at the University of Zagreb. *Kineziology* **30**, 31-37.
- Morris, F. L., Payne, W. R. (1996) Seasonal variations in the body composition of light weight rowers. *Br. J. Sports Med.* **30**, 301-304.
- Morton, J. P., Robertson, C., Sutton, L., MacLaren, D. P. (2010) Making the weight: A case study from professional boxing. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **20**, 80–85.
- Møller, A., Saxholt, E., Christensen, A. T., Hartkopp, H. B., Hess Ygil, K. (2005) Danish Food Composition Databank, revision 6.0., Food Informatics, Department of Nutrition, Danish Institute for Food and Veterinary Research, <http://www.foodcomp.dk/>.
- Mountjoy, M., Burke, L. M., Stellingwerff, T., Sundgot-Borgen, J. (2018a) Relative Energy Deficiency in Sport: The Tip of an Iceberg. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 313-315.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L. M., Ackerman, K. E., Blauwet, C., Constantini, N., Lebrun, C., Lundy, B., Melin, A., Meyer, N., Sherman, R., Tenforde, A. S., Torstveit, M. K., Budgett, R. (2018b) International Olympic Committee (IOC) Consensus Statement on Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S): 2018 Update. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 316-331.
- Mountjoy, M., Sundgot-Borgen, J., Burke, L., Carter, S., Constantini, N., Lebrun, C., Meyer, N., Sherman, R., Steffen, K., Budgett, R., Ljungqvist, A. (2014) The IOC consensus statement:

beyond the Female Athlete Triad–Relative Energy Deficiency in Sport (RED-S). *Br. J. Sports Med.* **48**, 491–497.

Murakami, H., Kawakami, R., Nakae, S., Nakata, Y., Ishikawa-Takata, K., Tanaka, S., Miyachi, M. (2016) Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: Comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Intern. Med.* **176**, 702–703.

Nana, A., Slater, G. J., Hopkins, W. G., Halson, S. L., Martin, D. T., West, N. P., Burke, L. M. (2016) Importance of standardized DXA protocol for assessing physique changes in athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **26**, 259–267.

Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., Warren, M. P. (2007) American College of Sports Medicine revised position stand on the Female Athlete Triad. *Med. Sci. Sports Exerc.* **39**, 1867–1882.

O'Donnell, E., Goodman, J. M., Harvey, P. J. (2011) Cardiovascular consequences of ovarian disruption: A focus on functional hypothalamic amenorrhea in physically active women. *J. Clin. Endocr. Metab.* **96**, 3638–3648.

Onywera, V. O., Scott, R. A., Boit, M. K., Pitsiladis, Y. P. (2006) Demographic characteristics of elite Kenyan endurance runners. *J. Sports Sci.* **24**, 415–422.

Papageorgiou, M., Dolan, E., Elliott-Sale, K. J., Sale, C. (2018) Reduced energy availability: Implications for bone health in physically active populations. *Eur. J. Nutr.* **57**, 847–859.

Petkus, D. L., Murray-Kolb, L. E., De Souza, M. J. (2017) The unexplored crossroads of the female athlete triad and iron deficiency: A narrative review. *Sport Med.* **47**, 1721–1737.

Reed, J. L., De Souza, M. J., Williams, N. I. (2013) Changes in energy availability across the season in Division I female soccer players. *J. Sports Sci.* **31**, 314–324.

Rickenlund, A., Thoren, M., Carlstrom, K. von Schoultz, B., Hirschberg, A. L. (2004) Diurnal profiles of testosterone and pituitary hormones suggest different mechanism for menstrual disturbances in endurance athletes. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **89**, 702–707.

Štalić, Z., Alebić, I.J. (2008) Dijetetičke metode i planiranje prehrane. *Medicus* **17**, 27–36.

Secher, N. H., Vaage, O. (1983) Rowing performance, a mathematic model based on analysis of body dimensions as exemplified by body weight. *Eur. J. Appl. Physiol.* **52**, 88–93.

Senta, A., Pucarín-Cvetković, J., Doko Jelinić, J. (2004) Kvantitativni modeli namirnica i obroka, Medicinska naklada, Zagreb.

Shimizu, K., Suzuki, N., Nakamura, M., Aizawa, K., Imai, T., Suzuki, S., Nobuhiko, E. Yukichi, H., Kikuko, N., Naoto, S., Noboru, M., Ichiro, K., Akama, T. (2012). Mucosal immune function comparison between amenorrheic and eumenorrheic distance runners. *J. Strength Cond. Res.* **26**, 1402–1406.

- Siri, W. E. (1961) Body composition from fluid spaces and density: analyses of methods; Techniques for measuring body composition.. *Natl. Acad. Sci. National Res. Council*, 223-244.
- Slater, G. J., Rice, A. J., Mujika, I., Hahn, A. G., Sharpe, K., Jenkins, D. G. (2005) Physique traits of lightweight rowers and their relationship to competitive success. *Br. J. Sports Med.* **39**, 736–741.
- Stubbs, R. J., Hughes, D. A., Johnstone, A. M., Whybrow, S., Horgan, G. W., King, N., Blundell, J. (2004) Rate and extent of compensatory changes in energy intake and expenditure in response to altered exercise and diet composition in humans. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **286**, 350-358.
- Sundgot-Borgen, J., Garthe, I. (2011) Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions. *J. Sport Sci.* **29**, 101–114.
- Sundgot-Borgen, J., Torstveit, M. K. (2004) Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clin. J. Sport Med.* **14**, 25–32.
- Thong, F. S., McLean, C., Graham, T. E. (2000) Plasma leptin in female athletes: Relationship with body fat, reproductive, nutritional, and endocrine factors. *J. Appl. Physiol.* **88**, 2037–2044.
- Tipton, K. D. (2015). Nutritional support for exercise-induced injuries. *Sport Med.* **45**, 93–104.
- Tornberg, Å. B., Melin, A., Koivula, F. M., Johansson, A., Skouby, S., Faber, J., Sjödin, A. (2017) Reduced neuromuscular performance in amenorrheic elite endurance athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* **49**, 2478–2485.
- Torstveit, M. K., Fahrenholtz, I., Stenqvist, T. B., Sylta, Ø., Melin, A. (2018) Within-Day Energy Deficiency and Metabolic Perturbation in Male Endurance Athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **28**, 419-427.
- Torstveit, M. K., Rosenvinge, J. H., Sundgot-Borgen, J. (2008) Prevalence of eating disorders and the predictive power of risk models in female elite athletes: a controlled study. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **18**, 108–118.
- Truswell, A. S. (2001) Energy balance, food and exercise. *World Rev. Nutr. Diet.* **90**, 13-25.
- Upadhyay, J., Farr, O. M., Mantzoros, C. S. (2015) The role of leptin in regulating bone metabolism. *Metab. Clin. Exp.* **64**, 105–113.
- Vinther, A., Kanstrup, I. L., Christiansen, E., Alkjaer, T., Larsson, B., Magnusson, S. P., Aagaard, P. (2006) Exercise-induced rib stress fractures: Potential risk factors related to thoracic muscle co-contraction and movement pattern. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **16**, 188–196.
- Vinther, A., Kanstrup, I. L., Christiansen, E., Ekdahl, C., Aagaard, P. (2008) Testosterone and BMD in elite male lightweight rowers. *Int. J. Sport Med.* **29**, 803–807.
- Vučetić, M. (2013) Velika knjiga kuharstva, 2. izd., EPH Media, Zagreb.

- Wade, G. N., Jones, J. E. (2004) Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **287**, 1277–1296.
- Woodruff, S. J., Meloche, R. D. (2013) Energy Availability of Female Varsity Volleyball Players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* **23**, 24-30.
- Woods, A. L., Garvican-Lewis, L. A., Lundy, B., Rice, A. J., Thompson, K. G. (2017) New approaches to determine fatigue in elite athletes during intensified training: Resting metabolic rate and pacing profile. *PLoS ONE* **12**, 1-17.

## **7. PRILOZI**

PRILOG 1 – Suglasnost za sudjelovanje u istraživanju

PRILOG 2 - Upute za vođenje dnevnika prehrane i dnevnika tjelesne aktivnosti

PRILOG 3 – Obrazac za dnevnik prehrane i dnevnik tjelesne aktivnosti

PRILOG 4 – Primjer jednodnevnog dnevnika prehrane i dnevnika tjelesne aktivnosti

## PRILOG 1

**Suglasnost za sudjelovanje odraslog ispitanika u istraživanju pod nazivom  
'Promjene u prehrambenom unosu energije, utrošku energije i sastavu tijela  
veslača tijekom jedne natjecateljske sezone'**

1. Potvrđujem da sam dana \_\_\_\_\_ u \_\_\_\_\_ pročitao/pročitao Obavijest za ispitanika za gore navedeno znanstveno istraživanje te sam imao/imala priliku postavljati pitanja.
2. Razumijem da je moje sudjelovanje dragovoljno i da se iz sudjelovanja u istraživanju mogu povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica za moje zdravstveno stanje ili pravni status.
3. Razumijem da mojoj dokumentaciji pristup imaju samo odgovorne osobe, to jest voditelj istraživanja i njegovi suradnici te članovi Etičkog povjerenstva ustanove u kojoj se istraživanje obavlja i Etičkog povjerenstva koje je odobrilo ovo znanstveno istraživanje. Tim osobama dajem dopuštenje za pristup mojoj dokumentaciji.
4. Želim i pristajem sudjelovati u navedenom znanstvenom istraživanju.

Ime i prezime ispitanika: \_\_\_\_\_

Vlastoručni potpis: \_\_\_\_\_

Mjesto i datum: \_\_\_\_\_

Ime i prezime osobe koja je vodila postupak Obavijesti za ispitanika i Suglasnosti za sudjelovanje: **Ivan Mijat, dr. vet. med.**

Ime i prezime voditelja projekta: **prof.dr.sc. Marjeta Mišigoj-Duraković**

Vlastoručni potpis: \_\_\_\_\_

Mjesto i datum: \_\_\_\_\_

## UPUTE ZA 7-DNEVNI DNEVNIK PREHRANE

Tijekom vođenja 7-dnevnog dnevnika prehrane **važno je ne mijenjati prehrambene navike** nego slijediti uobičajenu prehranu.

U nastavku slijede upute:

### VRIJEME

Odnosi se na vrijeme hranjenja odnosno vrijeme i trajanje tjelesne aktivnosti.

### TJELESNA AKTIVNOST I OBROCI

Ovdje je potrebno upisati :

1. O kojem se **obroku ili međuobroku** radi (zajutak, doručak, ručak, užina, večera, kasni obrok ili bilo koji dodatni međuobrok, bez obzira o koliko se maloj količini hrane radi)
2. O kojoj **vrsti tjelesne aktivnosti** se radi:
  - Trening – potrebno je navesti sadržaj treninga (npr. veslački ergometar 3x10 minuta) na osnovu kojeg se trening može tipizirati prema intenzitetu, a ukoliko se radi o treningu s utezima potrebno je navesti broj serija i ponavljanja
  - Potrebno je navesti bilo koju aktivnost koja može dovesti do pojačane energetske potrošnje (npr. vožnja bicikla na trening)
3. **Ustajanje** i odlazak na **spavanje**

### NAMIRNICE, JELA I NAPICI

Odnosi se na konzumiranu hranu i piće. Kako bi se dobili relevantni podaci potrebno je pridržavati se slijedećih načela:

1. Zabilježite konzumiranje **odmah nakon obroka**
2. Navedite **svu konzumiranu hranu** uključujući sve napitke (i vodu) te dodatke prehrani
  - U svakom retku navedite samo po jednu namirnicu ili po jedno jelo tj. piće
  - Navedite detalje o konzumiranoj namirnici (npr. jabuka s korom ili jabuka bez kore, pileća prsa sa kožom ili pileća prsa bez kože)
  - Navedite komercijalan naziv proizvoda i proizvođača (gdje je to dostupno)
  - Navedite detalje o namirnici (npr. light, bez šećera, s dodatkom šećera, bez soli, smanjene masnoće, obogaćeno s vitaminom C ili željezom...)
  - Za konzervirane namirnice navedite jeste li konzumirali tekućinu u kojoj se nalaze, npr. marelice (kompot) u soku, tuna u ulju
  - Navedite dodane masti (ulje, maslac, margarin i sl.) korištene kao začin ili pri kuhanju
  - Navedite dodani šećer (npr. u kavi)



3. Navedite točan naziv jela ukoliko se konzumira u studentskom restoranu, restoranu, objektima brze prehrane ili drugim prehranbenim objektima, te točan naziv restorana, objekta brze prehrane ili drugog prehranbenog objekta gdje se hrana konzumira (ovaj podatak će nam omogućiti precizniju procjenu vašeg unosa hranjivih tvari)
4. Navedite konzumirane **dodatke prehrani** u obliku proteinskih, vitaminskih ili drugih

#### RECEPTURA JELA I NAČIN PRIPREME I OBRADE HRANE

Odnosi se na eventualnu pripremu namirnice za konzumiranje (za onu hranu koja se ne konzumira sirova, poput npr. voća).

1. Potrebno je navesti **način obrade**: svježe, smrznuto, sirovo, pečeno (u pećnici), prženo (u tavi), kuhano (lešo), pirjano, pohano, konzervirano
2. Ovdje se također navodi **način pripreme i receptura** konzumiranog jela
3. Pri navođenju recepta potrebno je po mogućnosti navesti upotrijebljenu količinu namirnica od kojih je jelo pripremljeno
  - Koristeći fotografije namirnica i obroka
  - Pomoću kuhinjskog posuđa – žlica (jušna), žličica (čajna), šalica, itd.
  - Koristeći kuhinjsku vagu
4. Ukoliko se jelo konzumira u studentskom restoranu, restoranu, objektima brze prehrane ili drugim prehranbenim objektima potrebno je detaljno navesti namirnice od kojih je konzumirano jelo pripremljeno (gdje je to dostupno), te količine navedenih namirnica procijeniti koristeći fotografije namirnica i obroka
5. Ukoliko se radi o nekoj namirnici ili dodatku prehrani koja nije dostupna u Hrvatskoj (npr. neka namirnica kupljena u inozemstvu ili putem Interneta) potrebno je **izrezati i priložiti deklaraciju**
6. Ukoliko se radi o nekom od dodataka prehrani (npr. proteinski, vitaminski i dr. dodaci) potrebno je **izrezati i priložiti deklaraciju**

#### OPIS KONZUMIRANE KOLIČINE POMOĆU: 1) FOTOGRAFIJA, 2) KUHINJSKOG POSUĐA (ŽLICE, ŠALICE, KOMADI, TANJURI, ITD.), 3) KUHINJSKE VAGE

Odnosi se na količinu namirnice. Kako bi se dobili relevantni podaci potrebno je pridržavati se slijedećih načela:

1. Navedite samo **količinu koja je pojedena**
2. Zabilježite količinu namirnice
  - Koristeći priložene fotografije namirnica i obroka
  - Pomoću kuhinjskog posuđa - žlica (jušna), žličica (čajna), šalica, itd.
  - Koristeći kuhinjsku vagu za procjenu količine namirnica u gramima (zabilježite izvagano količinu konzumirane namirnice i pri tome naglasite da li je vaganje urađeno prije pripreme i termičke obrade namirnice ili nakon, npr. vagano prije kuhanja ili vagano nakon kuhanja)



3. Zabilježite količinu konzumiranog dodatka prehrani koristeći deklaracije s vanjskog pakiranja (npr. ako se radi o doziranom pakiranju za jedan obrok npr. ugljikohidratni ili proteinski štapić, ili navesti upotrijebljenu količinu u gramima ako se radi o prašku, ili u komadima ako se radi o tableti uz prilaganje deklaracije proizvoda)
4. Koristite označenu posudu za tekućine za procjenu količine tekućine u mililitrima (mL)
5. Ukoliko se jelo konzumira u studentskom restoranu, restoranu, objektima brze prehrane ili drugim prehrambenim objektima količine konzumiranih namirnica potrebno je procijeniti koristeći fotografije namirnica i obroka

**Ako imate bilo kakvih pitanja, molimo da nam se javite na:**

**Mobitel: 091 3707 089 (Ivan Mijat) ili e-mail: [imijat78@yahoo.com](mailto:imijat78@yahoo.com)**

## PRILOG 3

**Današnji datum:**

[illegible]

# PRILOG 4

## Primjer jednodnevnog dnevnika prehrane

Vrijeme	Tjelesna aktivnost i obroci	Namirnice, jela i napici	Receptura jela i način pripreme i obrade hrane	Opis konzumirane količine pomoću: 1) fotografija, 2) kuhinjskog posuda (žlice, šalice, komadi, tanjuri, itd.), 3) kuhinjske vage
06:45	Buđenje	Voda (vodovodna)		1 čaša (200 mL)
07:10	Zajutak	Voda (vodovodna) za zobene pahuljice		1 šalica (250 mL)
		Zobene pahuljice (Alinatura)	Pomiješane s vodom stave se u mikrovalnu na 2 min (voda ispari, a zobene se prokuhaju)	3 1/2 žlice (jušne)
		Trajno mlijeko (0,5% m.m. Dukat)		1 šalica (250 mL)
		Provita Corn flakes (Podravka)		5 jušnih žlica
8:00-09:50	Trening 3x20 minuta ergometar			
10:25	Doručak	Sendvič šunka sir (Mlinar)	Deklaracija priložena	1 komad
		Voda (Jana)		1 čaša (200 mililitara)
		Jabuka bez kore (Zlatni delišes)		1 veličine kao na fotografiji
10:45		Espresso kava		2/3 manje šalice prema fotografiji
		Trajno mlijeko (2,8% m.m. Dukat)	Dodano kavi	1/3 manje šalice prema fotografiji
		Šećer	Dodan kavi	1 žličica (čajna)
		Keks domaćica (Integralna, Kraš)		2 komada
12:50	Međuobrok	Voćna torta (s jagodama)		1/2 kriške prema fotografiji za schwarzwald tortu
13:55-14:15	Hodanje uzbrdo			
14:30	Ručak	Pileća juha	Recept za ukupnu količinu: Kuha se u 3 litre vode 600 g pileća prsa s kožom i kostima, 200 g mrkve, 150 g korjena celera, 100 g korjena peršina, 1 crveni luk (100 g), papar, 1 jušna žlica vegete, prstohvat soli, 80 g riže	Od ukupnog jela, konzumirano: 1 velika i 1 mala porcija prema fotografiji za govedu juhu te pileće meso veličine 3/4 male porcije prema fotografiji za kuhanu junetinu
		Tijesto Spagetti Barilla	Kuhano	175 grama (vagano prije kuhanja)
		Bolognese umak	Recept za ukupnu količinu: 300 g mljevene junetine, 300 g mljevene svinjetine, 390 g sjeckana rajčica (Podravka), 1 crveni luk (100 g), 2 češnjaka češnjaka, papar, 2 listiće bosiljka, prstohvat soli, 2 jušne žlice maslinovog ulja	Od ukupnog jela, konzumirano: 150 grama (vagano)
		Salata od bijelog kupusa		Između male i srednje porcije prema fotografiji
		Ulje maslinovo domaće		1/2 jušne žlice
		Vinski ocat (Kisko, Badel)		1 jušna žlica
		Voda (vodovodna)		1 čaša (200 mililitara)
17:00	Užina	Formula 80 (Multipower)	Deklaracija priložena	30 grama
		Trajno mlijeko (0,5 m.m. Dukat)	U koje se umiješa prašak Formula 80	1,5 čaša (300 mililitara)
17:30-17:45	Vožnja bicikla na trening			
18:00-19:10	Trening s utezima: 4 serije 15 ponavljanja			
19:35-19:50	Vožnja bicikla sa treninga			
20:35	Večera	Jaja	Pečena na maslinovom ulju	3 komada
		Ulje maslinovo domaće		1 jušna žlica
		Šunka u ovitku (Pik Vrbovec)		3/4 male porcije prema fotografiji za parizer
		Posni sir (Dukat)	Pomiješa se sa jogurtom i ljutom mljevenom paprikom	200 g (vagano)
		Jogurt (0,9 m.m. Dukat)		1/2 čaše (100 mililitara)
		Mljevena paprika ljuta (Šafram)		1/3 (vrh) žličice
		Raženo pecivo (Mlinar)		80 grama (prema deklaraciji Mlinar)
		Maslac (iz bregov, Vindija)	Namazana na jednu polovicu raženog peciva	1 žličica
		Jetrena pašteta (Gavrilović)	Namazana na drugu polovicu raženog peciva	1 žličica
22:10	Kasni obrok	Bademi		oko 20 komada
23:00		Voda (vodovodna)		1 čaša (200 mililitara)
		dodatak prehrani: ABC plus, Natural Wealth		1 tableta (priložena fotokopija deklaracije ili prazna bočica)
23:05	Spavanje			



### IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.

Urošja Skupnjak

(Ime i prezime studenta)